

Tomi Patjas

Kiinteiden sairaalalaitteiden tilamallin suunnitteluprosessi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

24.5.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tomi Patjas Kiinteiden sairaalalaitteiden tilamallin suunnitteluprosessi 36 sivua + 5 liitettä 24.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Juhani Eskelinen LVI-insinööri Mika Haikarainen
<p>Tämän työn tarkoitus oli selvittää kiinteiden sairaalalaitteiden tilamallin suunnitteluprosessia. Työssä tarkasteltiin syvemmin KSL-tilamallintamista Autodesk Revit -mallinnusohjelmalla sekä suunnittelun kulkua projektin eri vaiheissa. Tavoitteena oli tuoda esille KSL-suunnittelun tilamallintamisen menetelmiä suunnittelijan näkökulmasta. Haluttiin myös esittää uuden Revit -mallinnusohjelman yleisempien toimintojen käyttöä.</p> <p>Työ tehtiin Pöyry Finland Oy:lle 3D-mallintamisen suunnitteluohjeena. Työn suorittamisen pääasiallisena menetelmänä oli tarkastella KSL-tilamallintamista esimerkkikohteen avulla. Esimerkkikohteenä toimi Lohjan psykiatrian, fysiatrian ja kuntoutuksen uudisrakennus. Työn eri vaiheita pyrittiin peilaamaan aina tilamallintamisen laadunvarmistukseen.</p> <p>Työn tuloksena huomattiin, että 3D-suunnittelulla pystytään samaan aikaiseksi laadultaan huomattavasti parempia suunnitelmia kuin 2D-suunnittelulla. Suunnitteluvirheiden esiintyminen pystytään minimoimaan toteutuspiirustuksissa, koska eri suunnittelualojen suunnitelmista yhdistettyä mallia tarkastellaan projektin aikana. 3D-suunnittelua on myös helpompi organisoida, koska kaikki projektin työpiirustukset ovat samassa tiedostossa.</p> <p>Tämän työn tulosten perusteella voidaan päätellä, että kiinteiden sairaalalaitteiden 3D-suunnittelu tulee yleistymään suunnittelutoimistojen keskuudessa. Kun 3D-suunnittelun hyödyt ovat käytössä, projektien työmäärä ja kustannukset pienenevät. Tulevaisuudessa mallintaminen tulee yleistymään niin paljon, että se voi syrjäyttää 2D-suunnittelun kokonaan.</p>	
Avainsanat	3D-mallinnus, kiinteät sairaalalaitteet, tilamalli

Author Title Number of Pages Date	Tomi Patjas Design process of fixed hospital equipment's information model 36 pages + 5 appendices 24 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building services engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer Mika Haikarainen, BEng
<p>The purpose of this final year project was to explain the design process for the information model of fixed hospital equipment. The process was examined with Autodesk Revit 3D modeling software. Also, the design progress was examined at various phases of the project. The main goal of this project was to illustrate the methods of information modeling from the designer's point of view.</p> <p>The information modeling of fixed hospital equipment was mainly studied with the help of an example project. The phases of the project were always compared to the quality assurance of the 3D modeling.</p> <p>As a result, it was found that much better quality designs can be created with 3D modeling than with 2D modeling. Design flaws can be kept to a minimum when a model with the designs from all the fields can be examined. Projects done by 3D modeling are also much easier to organize, because all drawings are usually included in one single file.</p> <p>The results of the project suggest that 3D modeling of fixed hospital equipment will become more common amongst the design companies. Because of this, 3D modeling can supersede 2D modeling as the first choice for designing.</p>	
Keywords	3D modeling, fixed hospital equipment, information model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kiinteät sairaalalaitteet	2
2.1	Rst-kalusteet	2
2.2	Pesu- ja kuivauslaitteet	4
2.3	Kattokeskukset ja valaisimet	5
2.4	Lääkejää- ja lämpökaapit	6
2.5	Suojakaapit	7
2.6	Sterilointilaitteet	7
2.7	Vedenkäsittelylaitteet	8
2.8	Keittölaitteet	8
2.9	Hammashoito	8
3	KSL-suunnittelu	9
3.1	Yleiset suunnitteludokumentit	9
3.2	Perinteinen 2D-suunnittelu	9
3.3	3D-suunnittelu	11
4	KSL-suunnittelun vaiheet	13
4.1	Tarveselvitys	13
4.2	Hankesuunnittelu	13
4.3	Toteutussuunnittelu	14
4.4	Rakentamisvaihe	14
5	KSL-suunnittelun sovittaminen asiakkaan tarpeisiin	15
5.1	Suunnitteluohjeet	15
5.2	Tilakohtaiset suositukset	16
5.3	Tilamallin laadunvarmistus	17
6	KSL-tilamallin luonti Autodesk Revitillä	18
6.1	Projektitiedoston perustaminen	18

6.2	Familyt	22
6.3	Laitteiden sijoittaminen suunnittelumalliin	25
6.4	Seinäprojektiot	27
6.5	Layoutit	28
7	KSL-suunnittelun integrointi muihin suunnittelualueisiin	30
7.1	KSL- ja arkkitehtisuunnittelu	30
7.2	KSL- ja talotekniikkasuunnittelu	31
7.3	Tilamallien tarkastelu ja yhteensovittaminen	32
8	3D-suunnittelu perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna	32
9	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1. Ote Revitillä tehdystä KSL-suunnitelman yhden kerroksen Floor Plan viewistä

Liite 2. Ote Revitillä tehdystä KSL-suunnitelman pohjakuvan tulostuslayoutista

Liite 3. Ote Revitillä tehdystä KSL-suunnitelman yhden huoneen seinäprojektiolayoutista

Liite 4. Arkkitehdin tekemä yhdistelmämallin tarkastusraportti

Liite 5. Näkymä, Solibri Model Checker: yhdistelmämalli

Lyhenteet

DWG	AutoCAD -pohjaisten ohjelmien tiedostopääte.
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen rakennussuunnittelussa käytettävä standardi tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen.
KSL	Kiinteät sairaalalaitteet. Sairaaloissa taloteknisiä liitännöitä vaativia laitteita ja kalusteita.

1 Johdanto

Kiinteisiin sairaalalaitteisiin kuuluvat sairaaloissa yleisesti taloteknisiä liitäntöjä vaativat laitteet ja kalusteet, muun muassa pesukoneet, autoklaavit, kattokeskukset, tutkimusvalaisimet, suoja- ja vetokaapit, jää- ja lämpökaapit sekä ruostumattomasta teräksestä valmistetut kalusteet, kuten työ- ja pesupöydät, kaapit ja hyllyt. Kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelua omana suunnittelualana on tehty jo ainakin 70-luvulta asti.

Vaatimukset kiinteistöjen ja rakennuksien suunnittelussa ovat tiukentuneet viime vuosina. Halutaan yhä laadukkaampia ja selkeämpiä suunnitelmia. Tämän vuoksi arkkitehti- ja talotekniikkasuunnittelu toteutetaan yhä useammin mallintamalla. Mallintaminen on laajentunut koskemaan myös kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelua. Tilaajat haluavat jo suunnitteluvaiheessa saada selkeän kuvan projektin lopputuloksesta. Tämä voidaan esittää erilaisilla mallintamisohjelmilla.

Tietomallinnuskohteissa jokainen suunnitteluala tekee oman tieto- tai tilamallin oman suunnitelman pohjalta. Työssä keskitytään erityisesti KSL-suunnittelun tilamallin mallintamisprosessin vaiheisiin ja siihen, miten eri suunnittelualat tekevät yhteistyötä tällaisten projektien aikana. Peilataan myös yleisiä tietomallivaatimuksia ja asiakkaiden antamia suunnitteluohjeita.

Tässä insinöörityössä KSL-tilamallin luominen on yksi keskeisistä aiheista. Tilamallin luontiin käytetään Autodesk Revit Architecture 2012 -mallinnusohjelmaa. Revit mallinnusohjelmana ei ole vielä monille tuttua, joten tilamallin luomisprosessi selitetään yksityiskohtaisesti vaiheittain.

Työ tehdään Pöyry Finland Oy:lle. Yritys on tehnyt kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelua vuosikymmenien ajan 2D-tasoissa. Pöyry aloitti 3D-tilamallien suunnittelun KSL-suunnittelussa viime vuonna. 3D-mallintaminen kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelussa on siis vielä melko uutta, jolloin tämän insinöörityön tavoitteena on esittää sen periaatteet toimivana kokonaisuutena ottaen huomioon nykyiset vaatimuksia ja ohjeet tietomallintamisessa sekä asiakkaiden keskuudessa. Työssä myös otetaan käyttöön uusi ohjelma, jolloin sitä voidaan hyödyntää tämän ohjelman käyttöönoton oppaana KSL-suunnittelun tilamallin luomisessa.

2 Kiinteät sairaalalaitteet

Kiinteitä sairaalalaitteita esiintyy jokaisessa sairaalassa. Niihin kuuluvat ruostumattomasta teräksestä valmistetut kalusteet, erilaiset pesulaitteet, kattokeskukset, valaisimet, lääkejää- ja lämpökaapit, suojakaapit sekä vedenkäsittelylaitteet. Suurin osa näistä tarvitsevat taloteknisiä liitännöitä paitsi työpöydät ja kaapit. Ruostumatonta terästä käytetään sairaaloissa ja muissa klinikoilla niiden pitkän käyttöiän ja helpon puhdistettavuuden takia.

2.1 Rst-kalusteet

Allaspöytiä esiintyy sairaaloissa hyvin paljon. Esimerkiksi huoltohuoneissa voidaan käyttää pöytiä, joiden taso varustetaan allaspöydissä perinteisellä pesupöytäreunuksella ja pesualtaalla, jota voidaan valmistaa erikoismitoilla (1) (kuva 1).



Kuva 1. Allaspöytä ammattikeittiö- ja sairaalakäyttöön (1)

Seinähyllyköt ovat vapaasti säädettäviä, ja hyllyt voivat olla ritilä-, reikälevy- tai tasohyllyjä (1) (kuva 2).



Kuva 2. Seinähyllykkö ammattikeittiö- ja sairaalakäyttöön (1)

Kaatoklosetteja käytetään viemärikelpoisen kiinteän ja nestemäisen jätteen huuhtomiseen viemäriin. Kaatoklosettiin tyhjennetään kaarimaljoja, pulloja yms. ja jätteet huuhtellaan huuhteluventtiilin avulla (1) (kuva 3).



Kuva 3. Kaatoklosetti (1)

Kaatoklosetissa on huuhteluventtiili, joka vapauttaa altaaseen suuren määrän vettä kerralla. Ison virtaaman takia kylmälle vedelle käytetään DN28-liitosta.

2.2 Pesu- ja kuivauslaitteet

Pesu- ja desinfiointikoneita on monenlaisia eri malleja. Ne on sairaala- ja laboratorio-käyttöön suunniteltuja elektronisesti ohjattuja pesukoneita (2) (kuva 4).



Kuva 4. Pesu- ja desinfiointikone (2)

Sairaaloissa käytettävät pesulaitteet tarvitsevat vesiliitokset kuumalle ja kylmälle vedelle, kun taas tavalliset pesukoneet tarvitsevat yleensä vain kylmän veden liitoksen. Tällaiset pesukoneet tarvitsevat 230 V:n sähköliitoksen.

Sairaaloissa käytetään kuivauskaappeja (kuva 5) instrumenttien, anestesiavälineiden, muiden hoitovälineiden ja astioiden kuivaukseen.



Kuva 5. Kuivauskaappi (2)

Muita yleisiä pesulaitteita ovat skooppien pesukoneet ja kuivauskaapit, automatisoidut pesu- ja kuivauskuljettimet, pyykin- ja moppienpesukoneet sekä kuivausrummut ja kaapit.

2.3 Kattokeskukset ja valaisimet

Kattokeskus koostuu sähkön, informaation ja lääkintäkaasujen toimitusmoduuleista sekä liikuteltavista lisäosista. Kattokeskuksia käytetään leikkaussaleissa (3) (kuva 6). Kattokeskuksia voi muokata erilaisia moduuleilla ja eripituisilla varsilla tilaan sopiviksi.



Kuva 6. Kattokeskus (3)



Kuva 7. Leikkausvalaisin (4)

Valaisimet kuten leikkaus-, toimenpide- ja tutkimusvalaisimet kuuluvat myös kiinteisiin sairaalalaitteisiin. Valaisimiin voidaan usein myös liittää varsi monitorille (kuva 7).

2.4 Lääkejää- ja lämpökaapit

Sairaaloiden lääkejääkaapeissa on elektroninen ohjausjärjestelmä, joka estää lämpötilan vaihtumisen jääkaapin sisällä. Se myös huolehtii kylmät patterin sulatuksesta. Lääkejääkaapit varustetaan myös aina hälytyksillä, joista menee tieto myös kiinteistönvalvontajärjestelmään (5) (kuva 8).



Kuva 8. Lääkejääkaappi (5)



Kuva 9. Lämpökaappi (6)

Lämpökaappeja käytetään sairaaloissa moneen tarkoitukseen (6) (kuva 9). Käytettävä lämpötilaskaala on kehonlämmöstä aina useisiin satoihin asteisiin.

2.5 Suojakaapit

Suojakaappeihin kuuluvat luokan I, II ja III suojakaapit, vetokaapit, paloturva-, kemikaali- ja punnituskaapit. Suojakaapeista käytetään yleisnimitystä ”laminaarivirtauskaappi”. Työntekijän suojaamiseksi ja tuotteen puhtauden takaamiseksi yleisimmin sairaaloiden lääkehuoneissa käytetään luokan II biologista kaappia.

Laminaarivirtauskaappeja käytetään esimerkiksi lääkkeenvalmistuksessa (8) (kuva 10).



Kuva 10. Laminaarivirtauskaappi (8)

Koska laminaarivirtauskaapeissa useimmiten käsitellään aineita, joita ei haluta ympäristöön, täytyy ilma puhdistaa tai poistaa oman kanavan kautta. Poiston liitoskoot riippuvat ilman poistomäärästä.

2.6 Sterilointilaitteet

Sterilointilaitteista yleisin on autoklaavi, jonka tarkoitus on steriloida ylipaineistetun kylmän vesihöyryn avulla instrumentteja, astioita, vaatteita ja nesteitä (kuva 11).



Kuva 11. Autoklaavi (7)

2.7 Vedenkäsittelylaitteet

Niin sanottuihin vedenkäsittelylaitteisiin kuuluvat vedenpehmennys- ja käänteisosmoosilaitteet (RO), puhtaan veden jakeluputkistot (HFe, PPHP) ja dialyysipilarit.

2.8 Keittiölaitteet

Sairaaloissa myös keittiölaitteet kuuluvat KSL-suunnittelijan toimeksiantoon, mm. erilaiset jakelukeittiöiden, potilaskeittiöiden ja maitokeittiöiden laitteet. Käytetyt laitteet ovat suurimmaksi osaksi laitosmallisia. Laitteisiin kuuluvat esim. kylmälaitteet, liedet ja uunit, asianpesukoneet (desinfioivat), pastörintilaitteet ja jäähilekoneet.

2.9 Hammashoito

Hammashoitoon liittyvät laitteet kuten hoitoyksiköt, kuvauslaitteet, ultraäänipesulaitteet, autoklaavit, öljyämislaitteet ym. kuuluvat KSL-suunnittelijan toimeksiantoon.

3 KSL-suunnittelu

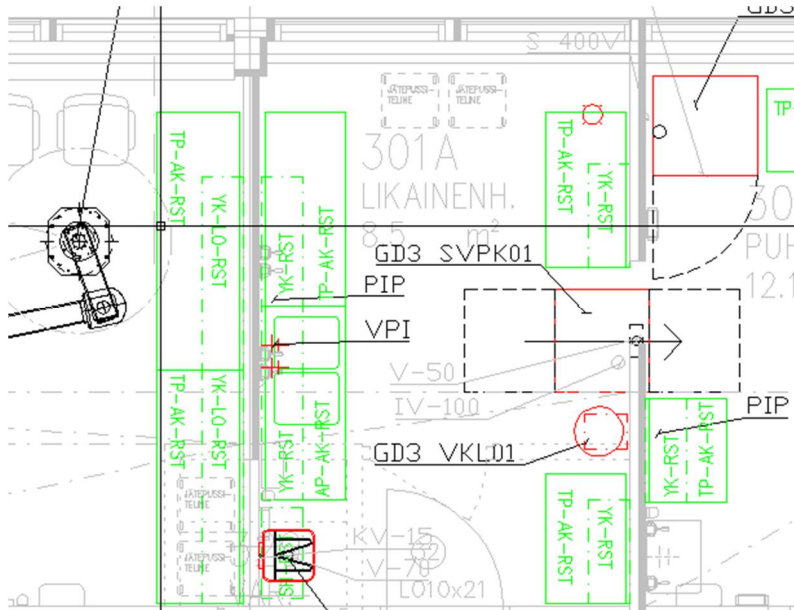
3.1 Yleiset suunnitteludokumentit

KSL-suunnitteludokumentteihin kuuluu useimmiten piirustusluettelo, laitespesifikaatiot, laiteluettelo, pohjakuvat ja tilakohtaiset seinäprojektiot.

- Piirustusluettelossa on lueteltu jokainen projektissa tehty asiakirja ja piirustus.
- Laitespesifikaatiot selittävät jokaisen kalusteen ja laitteen rakenteen, varusteiden, toimitusrajojen ja materiaalien vaatimukset.
- Laiteluettelo sisältää tiedot rakennuksen kaikista laitteista ja kalusteista huonekohtaisesti. Se esittää niiden mitat, määrät, tunnuksat, liitostiedot ja hinnat.
- Pohjakuvissa esitetään konkreettiset suunnitelmat laitteiden sijoituksesta mittakaavassa 1:50.
- Tilakohtaiset seinäprojektiot esittävät laitteiden tarkat mitat, taloteknisten liitosten paikat ja tiedot sekä varmistavat, että laitteet eivät mene esim. arkkitehdin suunnittelemien kalusteiden kanssa päällekkäin (9, s. 3).
- Tarvittaessa laitteista tehdään tarkempia asennusdetaljeja.

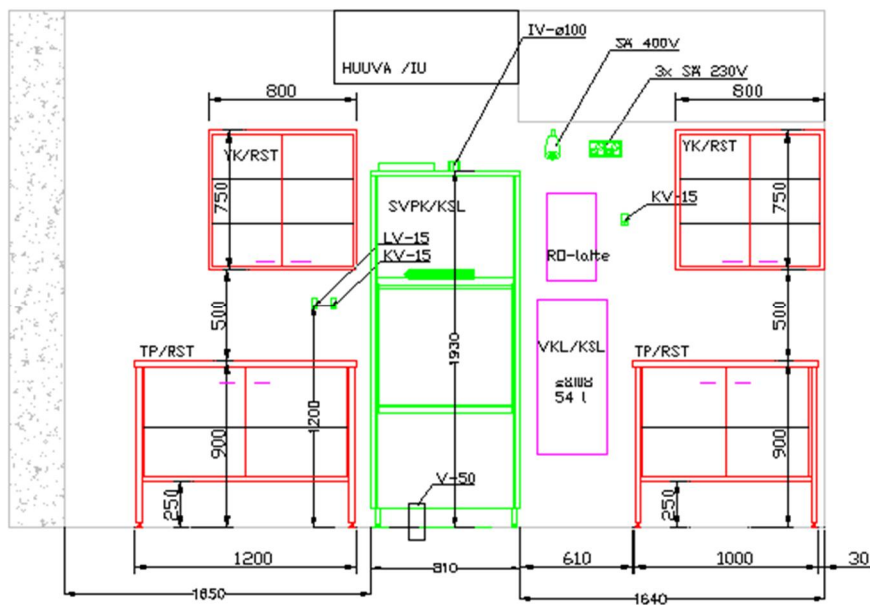
3.2 Perinteinen 2D-suunnittelu

Kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelua on tehty 2D-maailmassa jo vuosikymmenet. Aluksi kaikki tehtiin käsin paperille, mutta nykyään suunnitteluohjelmanä käytetään yleisesti Autodesk AutoCAD -piirto-ohjelmaa (kuva 12).



Kuva 12. KSL-2D-suunnitelman osa Autocad ohjelmistossa.

Laitteet ja kalusteet on piirretty perinteisillä piirtotyökaluilla, eli viivan, nelikulmion ja ympyrän piirrolla. Suunnittelun nopeuttamiseksi suurin osa projektissa käytettävistä laitteista ja kalusteista piirretään ennen niiden sijoittamista arkkitehtipohjaan. Voidaan myös käyttää vanhoissa projekteissa piirrettyjä laitteita ja kalusteita. Tämän jälkeen laitteet sijoitellaan suunniteltuihin paikkoihin. Liitostiedot ja laitetunnukset lisätään yksittellen kirjoitustyökalulla.

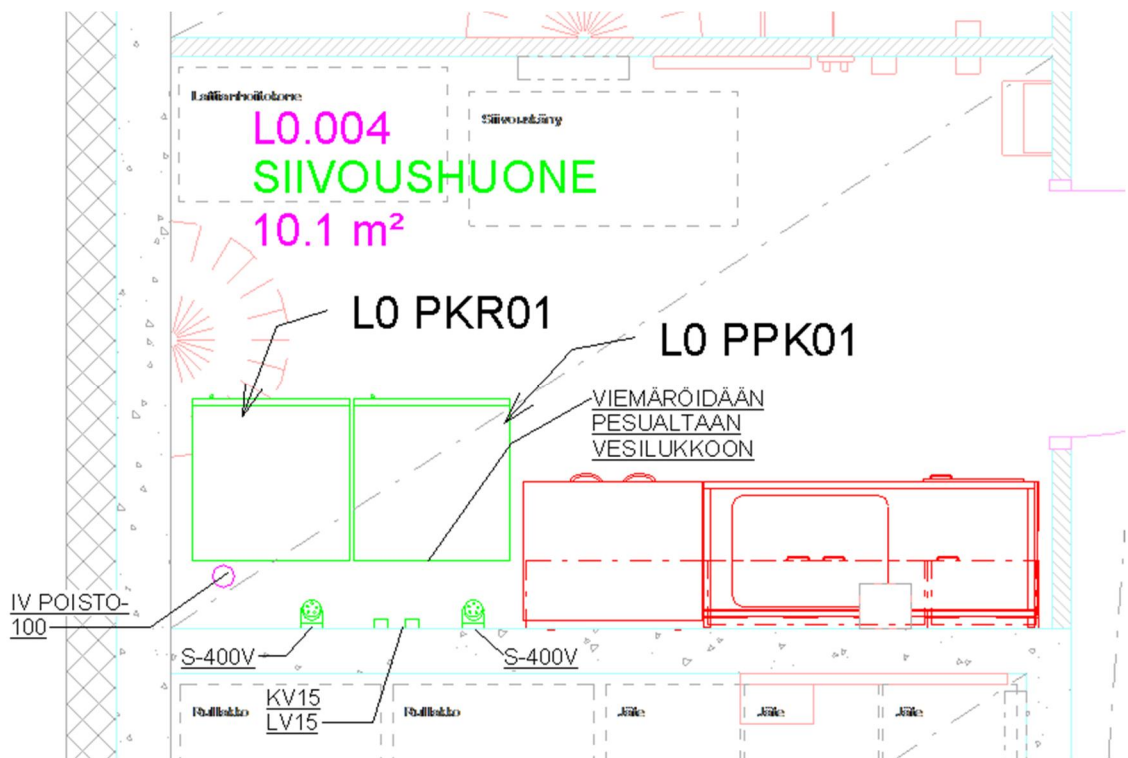


Kuva 13. KSL-2D-suunnitelman seinäprojektiio.

Kun laitteet piirrettiin aikaisemmin vain 2D-muodossa, jouduttiin kohteen seinäprojektiot ja leikkausnäkymät piirtämään erikseen (kuva 13). Arkkitehti tekee seinäprojektiolle omat pohjat, joihin suunnittelija sijoittaa laitteet.

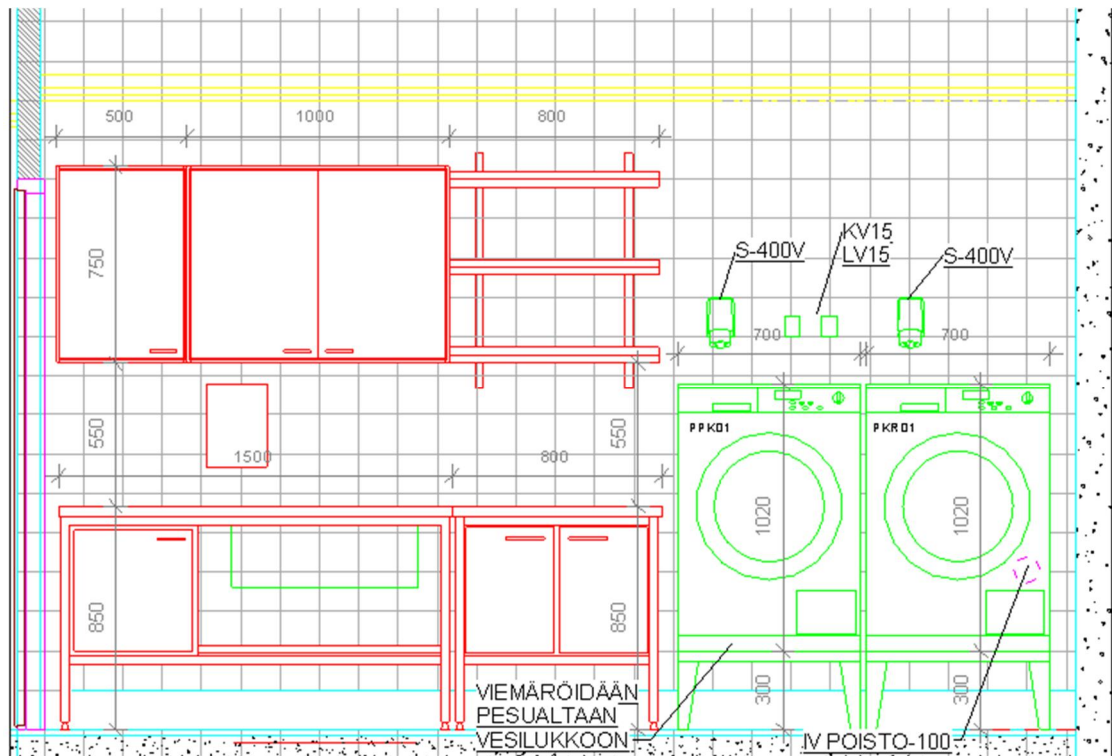
3.3 3D-suunnittelu

Mallintaminen kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelussa on alkanut yleistyä viime vuosien aikana. Tähän on vaikuttanut yleisesti suunnittelun laatuvaatimusten tiukentuminen. 3D-suunnittelua voidaan tehdä monilla erilaisilla ohjelmilla, mutta hyvä vaihtoehto on käyttää samoja ohjelmia, mitä arkkitehdit ovat käyttäneet. Vaatimuksena yleensä on käyttää mallinnusohjelmia, jotka ovat vähintään IFC 2x3 -sertifioituja (10, s. 6). Tässä työssä on käytetty Autodesk Revit -ohjelmaa (kuva 14).



Kuva 14. KSL-3D-suunnitelma Revit-ohjelman Floor Plan -näkymässä.

3D-suunnittelu etenee melko samalla kaavalla kuin 2D-suunnittelu. Suunnittelija lataa ja sijoittaa valmiiksi mallinnetut KSL-laitteet kohteen suunnittelumalliin.



Kuva 15. Mallin erään tilan seinänäkymä määritellyssä leikkauksessa.

Koska kohteen geometria, arkkitehtimalli mukaan lukien, on 3D-muodossa, saadaan tilan seinäprojektiot suoraan määrittämällä mallista leikkausnäkymä (kuva 15). Erilaisien 3D-näkymien luonti mallin valitusta kohteesta on myös vaivatonta. Valmiit mallit luovutetaan eteenpäin ohjelman omassa tiedostomuodossa sekä IFC-muodossa (10, s. 6).

3D-mallintaminen on syrjäyttämässä 2D-suunnittelumallit. Suunnittelumallit toimitetaan yleistyvästi 3D-malleina ja tilatuissa tiedostomuodoissa. Talotekniikkasuunnittelua toteutetaan yleisesti 3D-suunnitteluohjelmalla (esim. MagiCAD), vaikka aina tilaus ei sitä vaadi.

KSL-suunnittelua ei niinkään ole tietomallintamista vaan tilamallintamista. Yleisiä tilamallintamisen tuomia hyötyjä ovat mm. suunnitteluprosessin tehostaminen ja tavoitteiden mukaisen lopputuloksen varmistaminen. Tietomallintaminen sisältää enemmän informaatiota, kuten simulointeja ja laskelmia, joihin KSL-suunnittelijan ei tarvitse ottaa kantaa.

4 KSL-suunnittelun vaiheet

4.1 Tarveselvitys

Tarveselvityksen tarkoitus on selvittää kiinteistön omistajan ja käyttäjän vaatimukset ja tavoitteet tilojen hankintojen tarpeellisuudesta sekä olemassa olevien tilojen muutos-tarpeista. Kustannus- ja aikatavoitteet asetetaan tässä vaiheessa, jolloin tilaaja pystyy hahmottamaan projektin laajuutta. Tarveselvityksessä annetaan myös tilaajan toimesta vaatimukset suunnittelun tarkkuudelle. Tarveselvityksessä saadaan aikaan suunnittelun tarjouspyyntö, joka sisältää ainakin suunnittelumenetelmän valinnan, mallinnuksen sisällön, käsittelyn ja tarkkuustason. KSL-suunnittelussa kuitenkin 2D-suunnittelu on hieman yleisempää kuin 3D-suunnittelu, koska useimmat tilaajat eivät vaadi vielä mallintamista. Tarjouspyyntö voi tulla myös vasta hankesuunnitteluvaiheen jälkeen. Tarveselvityksen lopputuloksena on tuottaa hankepäätös. (11, s. 8–9.)

4.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheen pohjana toimii tarveselvitys. Hankkeelle asetetaan tavoitteet laajuudesta, aikataulusta, kustannuksista ja toiminnallisuudesta. Hankesuunnitelmassa kerrotaan mallinnuksen kulusta ja sen laajuudesta hankkeessa. Myös mallinnusohjelman valinta tehdään tässä vaiheessa. (11, s. 9.)

Hankesuunnitteluvaiheessa lähtötiedot tarkistetaan ja täydennetään sekä kartoitetaan käyttöön jäävät nykyiset laitteet. Eri tilojen laitetarpeiden selvittäminen ja aiempien selvitysten tarkistaminen tehdään tässä vaiheessa. KSL-suunnittelija osallistuu toiminnan suunnitteluun ja tilojen mitoittamiseen yhdessä käyttäjien kanssa. Teknisten tilakohtaisten laiteluetteloiden laatiminen, jossa eritellään olemassa olevat, siirtyvät sekä hankittavat laitteet, kuuluvat hankesuunnitteluvaiheen tehtäviin.

Hankesuunnitteluvaiheessa laaditaan alustavat laitespesifikaatiot ja KSL-luonnossuunnitelmat, joihin sijoitetaan kalusteet ja laitteet. Tässä vaiheessa niitä ei vielä tehdä mallintamalla. Tarkkuudeksi riittää 2D, koska myös arkkitehti tekee 2D-pohjakuvat tässä vaiheessa, jotka sitten laittaa kiertoon muille suunnittelijoille. Tason tulee kuitenkin olla sellainen, että niiden pohjalta voidaan laatia kustannusarvio. Jo hankesuunnitteluvaiheessa sovitellaan yhteen eri suunnittelualojen luonnossuunnitel-

mia, jolloin voidaan sovittaa tilavaraukset yhteen ja estää mahdolliset yhteentörmäykset muiden tekniikoiden tai laitteiden kanssa.

4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaihe käynnistetään, kun hankesuunnitelma on hyväksytty. Hankesuunnitelma toimii toteutussuunnittelun ohjaavana ja sitovana asiakirjana. Hankesuunnitelmassa esitetty hankkeen laajuus, toiminnalliset tavoitteet, aikataulu ja kustannukset tulee toteutua toteutussuunnitteluvaiheessa.

Tilakohtaista laiteluetteloa tarkennetaan ja päivitetään toteutussuunnitteluvaiheessa. Yksilölliset laitetunnukset määritetään ja laaditaan laitetunnustaulukot. Toteutussuunnitteluvaiheessa luonnossuunnitelmista tehdään lopullinen 3D-suunnittelu, jossa tuotetaan pohjapiirustukset, laiteprojektiot ja mitoitettut laitetiedot arkkitehdin laatimiin työpiirustuksiin sekä laitedetaljit. Mallien tulee olla niin tarkkoja, että niiden pohjalta voidaan tehdä urakkalaskenta (11, s. 19). Eri suunnittelualojen malleja myös vertaillaan ja sovitetaan yhteen.

Toteutussuunnitteluvaiheessa määritetään urakkarajaliitteet ja urakkarajakaaviot KSL-osuudesta. Yhdessä käyttäjän kanssa päätetään myös hankintojen aikataulusta ja suunnitellaan toteutusta. Toteutussuunnitteluvaiheessa tuotetaan myös KSL-työselitys ja lopulliset laitespesifikaatiot Excel-muodossa. Suunnittelukokouksiin osallistuminen on yksi KSL-suunnittelijan velvollisuuksista toteutussuunnittelun aikana. Lopuksi myös tarkistetaan kustannusarvion pitävyys.

4.4 Rakentamisvaihe

3D-pohjainen suunnittelu selkeyttää ja vähentää ongelmia työmaalla, koska mallit on sovitettu yhteen ennen rakentamisvaiheen aloittamista (12, s. 5). Rakentamisvaiheessa pidetään tarjousten esittelytilaisuuksia, teknisiä neuvotteluja, hankintaneuvotteluja laite-toimittajan ja KSL-valvojan kanssa, työmaakokouksia sekä vastaanottotarkastuksia, jotka kuuluvat KSL-suunnittelijan toimeksiantoon.

Suunnitelmien päivittäminen valittujen laitteiden tiedoilla ja mahdolliset muutokset laitteiden sijoituspaikoista kuuluu rakentamisvaiheen tehtäviin. KSL-suunnittelija tarkastaa myös laitetoimittajien täyttämät konekortit huoltokirjaa varten. Rakentamisvaiheen päätyttyä suunnittelija toimittaa loppupiirustukset tilaajalle.

5 KSL-suunnittelun sovittaminen asiakkaan tarpeisiin

5.1 Suunnitteluohjeet

Asiakkaat määrittävät KSL-suunnittelulle usein omia suunnitteluohjeita ja suosituksia. Eri asiakkaat voivat tarjota omia suunnitteluohjeita CAD-toimintatavoille ja tietomallintamiselle. Jos tarkkoja ohjeita ei anneta, käytetään yleisiä suunnitteluohjeita. Kaikkien luovutettavien dokumenttien on noudatettava asiakkaan laatimia ohjeita.

Projektissa käytettävät ohjelmat voidaan määritellä suunnitteluohjeissa. 3D-mallintaminen vaatii aina IFC 2x3 -sertifioidun mallinnusohjelman (13, s. 1). Ohjelmien versioista sovitaan erikseen tilaajan kanssa. Kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelussa lähtökohtana on käyttää samaa Revit-versiota kuin arkkitehti, koska vanhempi Revit-versio ei usein lue uudemman Revit-version tiedostoja. Muita mallintamisohjelmia on mahdollista myös käyttää, mutta eri ohjelmien yhteensopivuudesta voi tulla ongelmia. Mallien luovutusmuoto projektin aikana ja sen päätyttyä on aina mallinnusohjelman oma tiedostomuoto sekä IFC-muoto. 3D-suunnitelmista luovutetaan aina myös 2D-piirustukset urakoitsijoille. KSL-suunnittelussa projektia ei luovuteta erillisinä kerroksina vaan yhtenä kokonaisuutena, koska Revitillä koko rakennus on samassa tiedostossa. IFC-muodossa projekti luovutetaan myös yhtenä tiedostona kaikkine laitteineen.

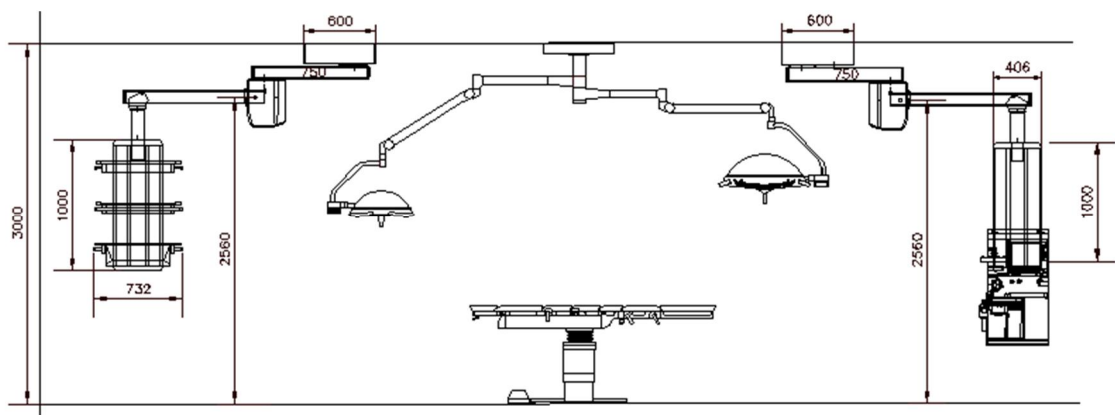
HUS:n kohteissa mallien mittayksiköt ovat aina millimetreissä. Suunnittelun koordinaatiston origona käytetään aina samaa kuin arkkitehdin mallissa (0,0,0). Tilamalleissa mittaustarkkuudelle yleensä asetetaan 100 mm:n toleranssi. Tarkkuudesta riippumatta kaikkien laitteiden tulisi olla mahdollisimman lähellä todellista paikkaa. Tiedostojen nimeämiselle asetetaan myös omat vaatimukset. Esimerkiksi HUS-kiinteistöillä on omat tiedostojen nimeämistapansa (11, s. 4).

5.2 Tilakohtaiset suositukset

Huoltopalvelukeskuksen edustajat antavat lausunnon huoltotilojen, kuten välinehuolto- ja siivouskeskusten suunnittelusta. He myös pitävät tarvittaessa yhteisiä palavereja suunnittelijoiden kanssa tiloihin liittyvistä ratkaisuista. KSL-suunnittelussa tiloille ja varusteille esitetään tiettyjä vaatimuksia. Kaikki huolto-, siivoushuone ja jätteiden keräilyhuoneet ovat erillisiä, riittävän suuria tiloja.

Klinikan koosta riippuen siivouskeskuksia on 1–3 (>10 m²) ja yksi iso siivoushuone (yli 8 m²) kerroksittain tai osastokohtainen siivoushuone (yli 5 m²). Kaikki hyllyt, kaapit ja pöytätasot ovat materialtaan ruostumatonta terästä. Työpöydät kiinnitetään seinään ja pöytien alla on vapaata tilaa 250 mm. Pöydän ja seinän välille jää vähintään 30 mm:n rako. (14, s. 6–7.)

Välinehuollossa puhdistetaan, desinfioidaan ja sterilisoidaan välineitä ja muita tuotteita hoito- ja tutkimustarpeita varten. Huoltotilojen koko, määrä sekä huoltohuoneen tyyppi määritellään yksikön toiminnan luonteen mukaan. Vuodeosastoille yleensä riittää yksiosainen huoltohuone, jossa toinen puoli huoneesta varustetaan likaisia ja toinen puoli puhtaita toimintoja varten. Toimenpideyksiköihin suunnitellaan joko kaksiosainen huoltotila tai kolmiosainen välinehuolto riippuen yksikössä tapahtuvasta toiminnasta. Kaksiosainen huoltohuone on jaettu kahteen eri huoneeseen, jossa toisessa huoneessa tapahtuu likaiset ja toisessa puhtaat toiminnot. Kolmiosaisessa huoltotilassa on likainen, puhdas ja steriili alue. Kolmiosaisessa huoltotilassa on aina autoklaavi, jonka kautta välineet siirtyvät steriilivarastoon. (14, s. 9–10.)



Kuva 16. Leikkaussalissa käytettäviä laitteita projektiokuvassa.

Leikkaussaleihin saa esimerkiksi eri valmistajilta huonemalleja, joissa on esitetty yleisimpiä leikkaussalin laitteita (kuva 16). Yhdessä käyttäjän kanssa KSL-suunnittelija selvittää laitetarpeet kullekin leikkaussalille.

5.3 Tilamallin laadunvarmistus

Mallien käyttöön liittyy oleellisena osana laadunvarmistus. Sen keskeisenä tavoitteena on suunnitteluprosessin tehostaminen, jonka mahdollistaa suunnitelmien laadun sekä osapuolten välisen tiedonsiirron parantuminen. Yhteistyö projektin johdon, tilaajan ja suunnittelijoiden kanssa on tärkeää, koska laadusta vastaaminen ei ole yksinomaan laadunvarmistuksen tehtävä, vaan jokainen osapuoli huolehtii omien töidensä laadusta. (15, s. 2.)

Suunnitteluvirheet tulevat esille 3D-mallinnuksessa paljon paremmin esille kuin tavallisessa 2D-piirtämisessä. Laadunvarmistuksen kannalta huolellinen mallintaminen on tällöin erityisen tärkeää, koska tilamallia tullaan käyttämään sellaisenaan muissa ohjelmissa, esim. Solibrissa IFC-mallina. Erityisesti pitäisi välttää tilannetta, jossa toinen suunnittelija suunnittelee perinteisin menetelmin ja toinen mallintamalla. Tällä tavalla laatutaso ei parane tilamallin avulla.

Tärkeä seikka laadunvarmistuksessa on pitää huoli, että työskentely tapahtuu samassa koordinaatistossa arkkitehdin mallin kanssa (15, s. 5). Kun malleja kasataan yhteen muiden suunnittelualojen kanssa, laitteet osuvat oikeille paikoilleen suunnittelumallissa. Säännöllisillä suunnittelijakokouksilla pyritään välttämään mahdollisia törmäilyjä muiden tekniikoiden kanssa.

KSL-suunnittelun laadunvarmistusta parannetaan laitteiden ja kalusteiden mallintamisella. Jos projektissa käytettäviä laitteita ei löydy Revit-yhteensopivana 3D-mallina, täytyy suunnittelijan itse mallintaa ne valmistajan mittojen mukaan. Kun laitteita sijoitellaan suunnittelumalliin valmiiksi mallinnettuina objekteina, täytyy enää ottaa huomioon niiden sijoittaminen oikeille paikoilleen.

6 KSL-tilamallin luonti Autodesk Revitillä

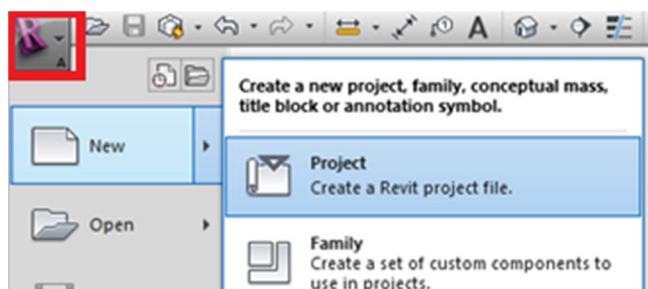
Tämän työn pohjana käytetään HUS-kiinteistöt Oy:n Lohjan sairaalan psykiatrian, fyysiatrian ja kuntoutuksen uudisrakennusta, jonka KSL-suunnittelun on tehnyt Pöyry Finland Oy. Tämä kohde tehtiin tilaajan pyynnöstä mallintamalla kaikkien suunnittelualojen osalta. Luonnossuunnitteluvaiheessa suunnittelua tehtiin perinteisessä 2D-muodossa. Toteutussuunnittelu tehtiin Autodesk Revit -ohjelmalla, jonka toimintaa KSL-suunnittelussa tässä työssä tuodaan esille. Lohjan projekti oli ensimmäinen 3D-mallintamisena tilattu kohde Pöyryllä. Melkein kaikki projektissa käytetyt laitteet jouduttiin mallintamaan alusta ja loput saatiin RevitCity-internetsivustolta (16). Pelkillä AutoCAD-opeilla suunnittelijat eivät pysty aloittamaan Revit-ohjelman käyttöä sujuvasti, joten sen käytön aloittaminen vaatii ainakin peruskurssin käyntiä.

Tavoite on selittää, miten KSL-suunnittelumallin tekeminen etenee vaiheittain. Jokaisen komentopainikkeen toimintaa ei selvitetä, mutta tärkeimmät toiminnot kuvataan tilamallin tekemisen eri vaiheissa.

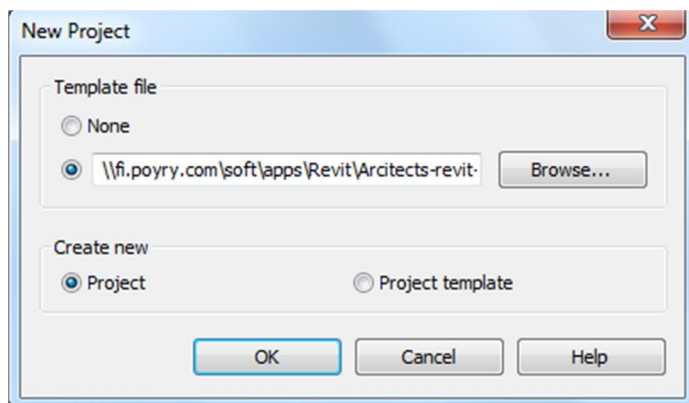
6.1 Projektitiedoston perustaminen

Ennen suunnittelun aloitusta ensimmäinen tehtävä on rakentaa projektitiedosto. KSL-suunnittelussa sitä ei ole pakko rakentaa alusta, vaan voidaan käyttää yrityksen omaa template tiedostoa, johon on valmiiksi säädetty parametrit, mittatiedot ja yleiset näkymät. Sitä joudutaan kuitenkin muokkaamaan suunnittelutyön edetessä tälle projektille ominaiseen muotoon.

Projekti aloitetaan valitsemalla uusi projekti kuvan 17 osoittamasta kohdasta. Tästä aukeaa valikko, josta valitaan mallipohja projektiin (kuva 18).

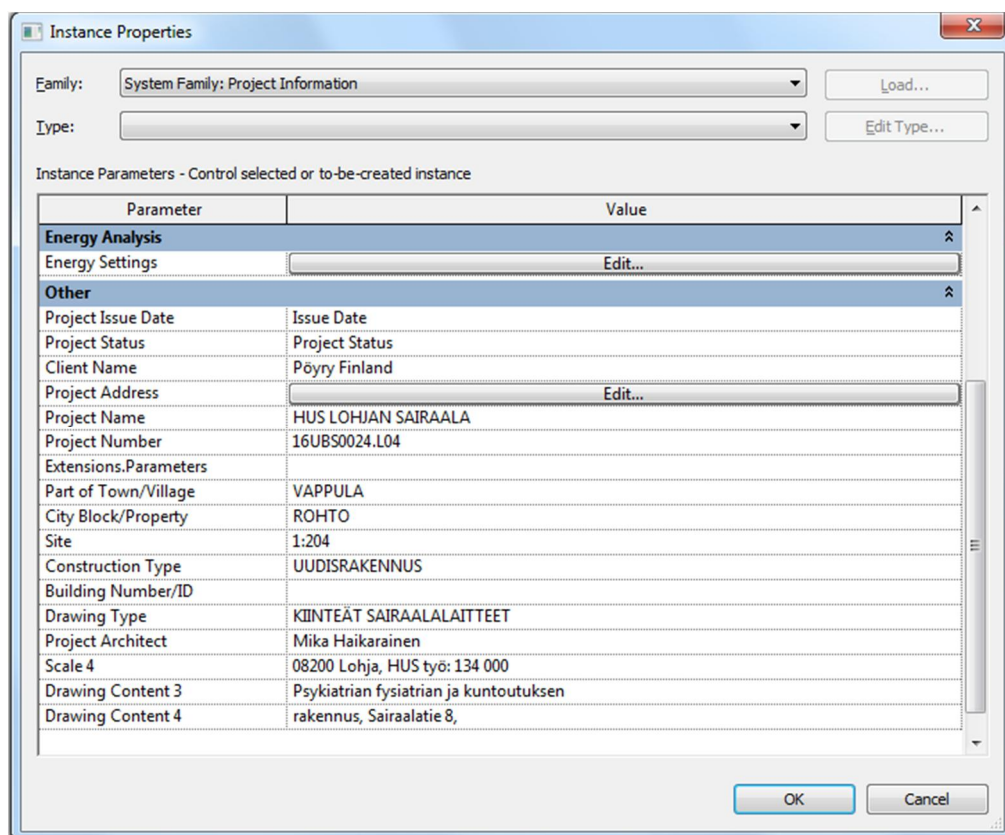


Kuva 17. Uuden projektin aloittaminen.



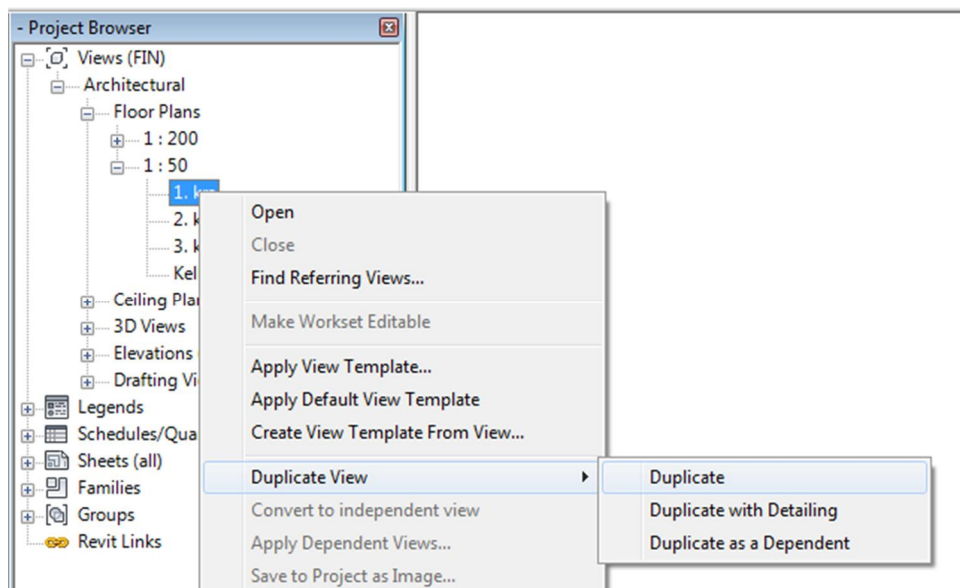
Kuva 18. Mallipohjan valinta uuden projektin aloituksessa.

Seuraavaksi muokataan projektitiedot oikeiksi. Tämä tapahtuu 'Manage'-välilehdeltä 'Project Information'-toiminnolla (kuva 19). Jokainen sarake on oma parametrinsa, jota pystyy muokkaamaan. Pöyryn omassa templatessa nämä parametrit on asetettu näkyviin otsikkotauluun, johon ne päivittyvät automaattisesti, jos kuvan 19 tietoja muutetaan.



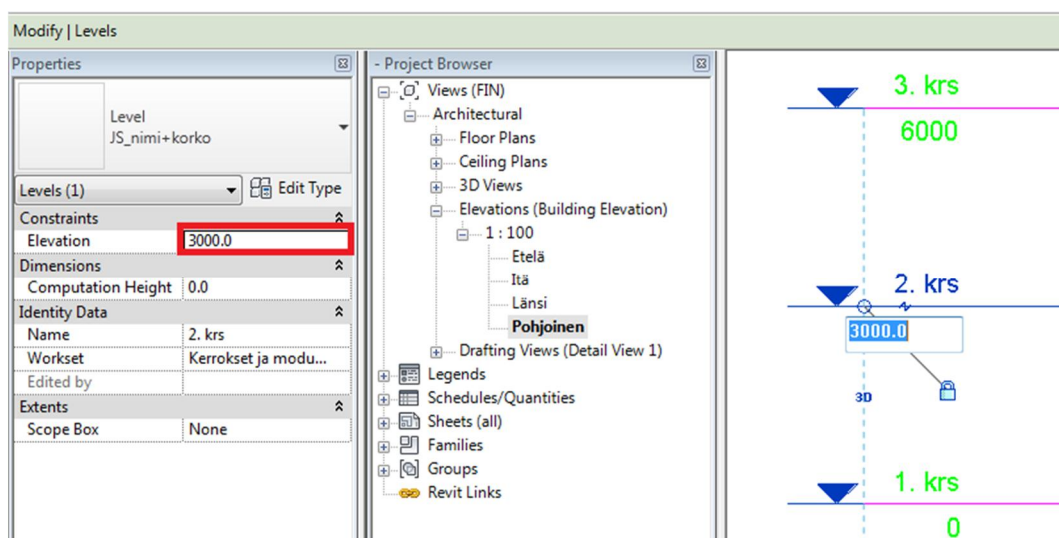
Kuva 19. Projektitietojen asettaminen.

Jokaista projektia kohti joudutaan määrittämään kerrokset kohteen mukaan. Kerroksien lisääminen tapahtuu kuvan 20 mukaisesti. Templatessa olevia kerroksia voi monistaa, jolloin perustiedot pysyvät samana.



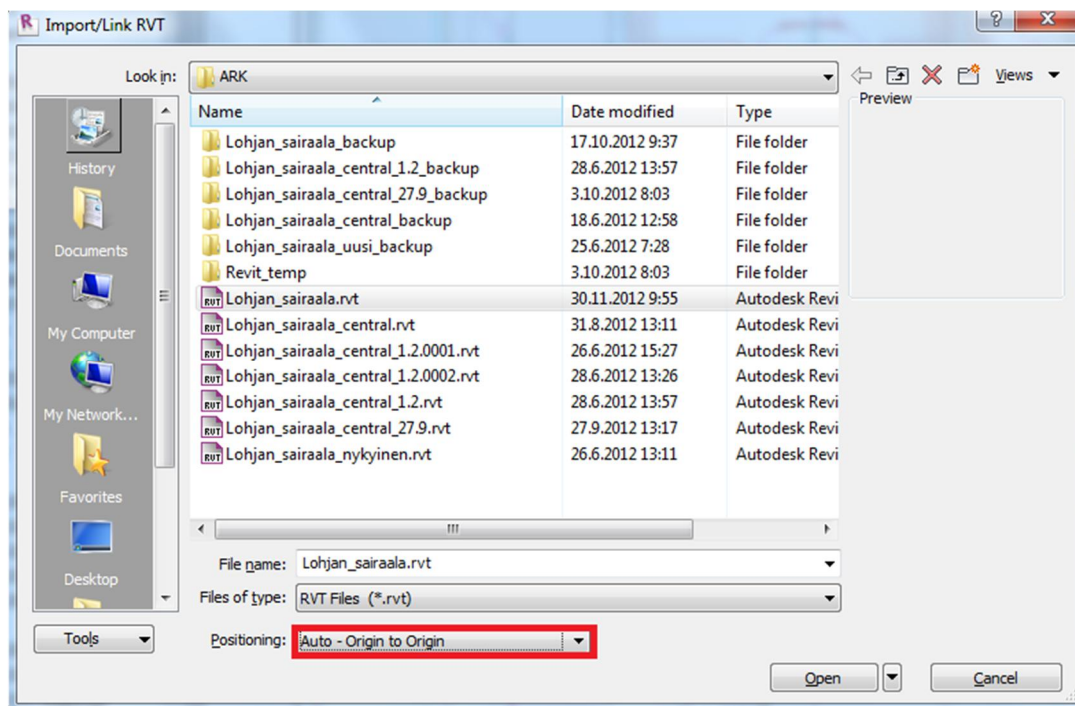
Kuva 20. Kerroksen lisääminen.

Kerroksille täytyy määrittää myös kerroskorkeudet kuvan 21 mukaisesti menemällä projektin sivunäkymiin (elevations). Kerroksien nimet voi asettaa samalla tavalla.



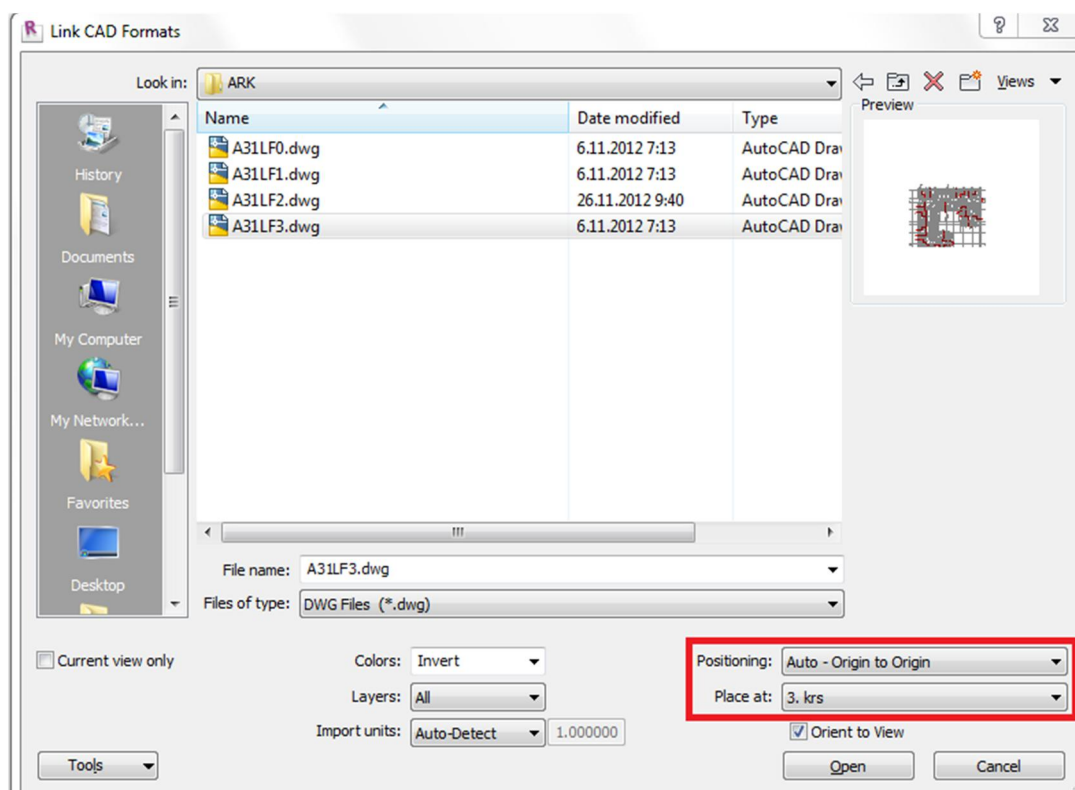
Kuva 21. Kerroskorkeuden asetetaan 'Elevations'-kentästä.

Kun projektitiedot on muokattu kohdetta vastaaviksi, tuodaan arkkitehtipohja projektiin 'Insert'-välilehdeltä 'Link Revit' -toiminnolla. Tärkeää on asettaa arkkitehtipohja samaan origoon suunnittelumallin kanssa määrittämällä pohjan paikaksi Origin to Origin (kuva 22).



Kuva 22. Arkkitehtipohjan lisääminen.

Tilanteita, joissa arkkitehti lähettää KSL-suunnittelijalle arkkitehtipohjat vain 2D-muodossa, voi tapahtua. 2D-pohjien liittäminen viitekuviksi Revitin suunnittelumalliin onnistuu myös, mutta vaatii hieman enemmän aikaa.



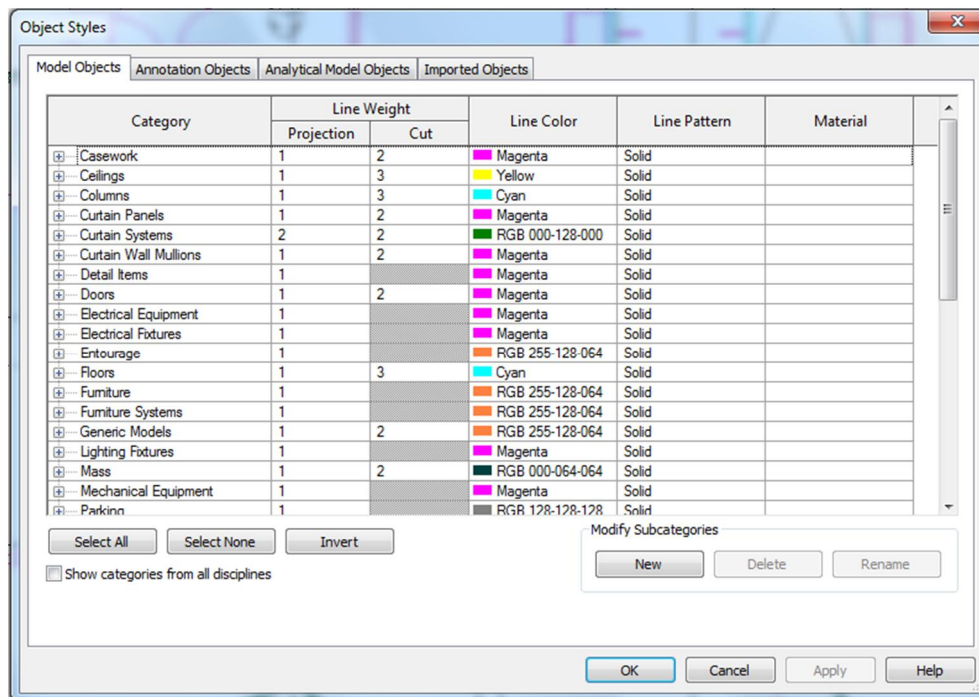
Kuva 23. 2D-arkkitehtipohjan liittäminen Revitin suunnittelumalliin.

2D-pohjan lisääminen viitekuvaksi tapahtuu 'Insert'-välilehdeltä 'Link CAD'-toiminnolla. Viitekuva täytyy vain muistaa asettaa samaan koordinaatistoon sekä oikeaan kerroskorkeuteen suunnittelumallin kanssa (kuva 23). Jokainen kerros tulee liittää suunnittelumalliin samalla kaavalla vastaavaan kerrokseen.

Arkkitehtipohjan lisäämisen jälkeen projektitiedoston tulisi olla siinä vaiheessa, että voidaan aloittaa suunnitelmien piirtäminen tilamalliin. KSL-suunnittelun kannalta vain nämä toiminnot ovat oleellisia projektitiedoston tekemisessä, kun taas LVI-suunnittelu MagiCAD Revitillä vaati myös eri järjestelmien tietojen muokkaamista ym.

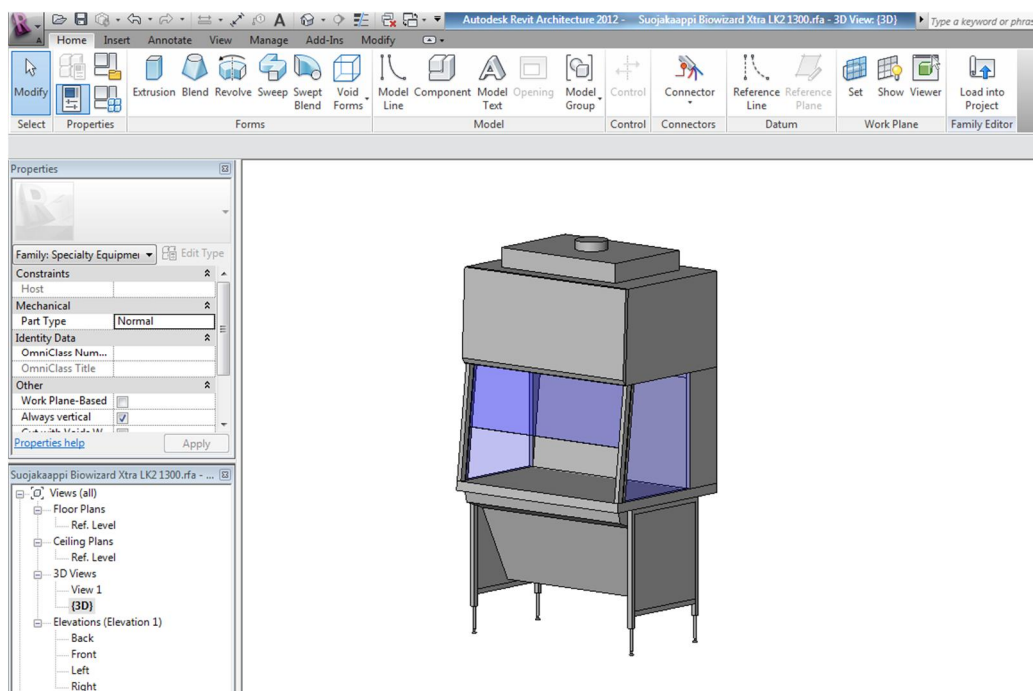
6.2 Familyt

Jokainen objekti kuuluu tiettyyn family kategoriaan. KSL-suunnittelussa käytetään perinteisesti kategorioita: Casework ja Specialty Equipment. Familyjä voidaan muokata 'Manage'-välilehden 'Object Styles'-toiminnolla (kuva 24). AutoCADin 'Layer Properties Manager' käsittää periaatteessa saman toiminnon.



Kuva 24. Family-kategorioiden muokkaaminen.

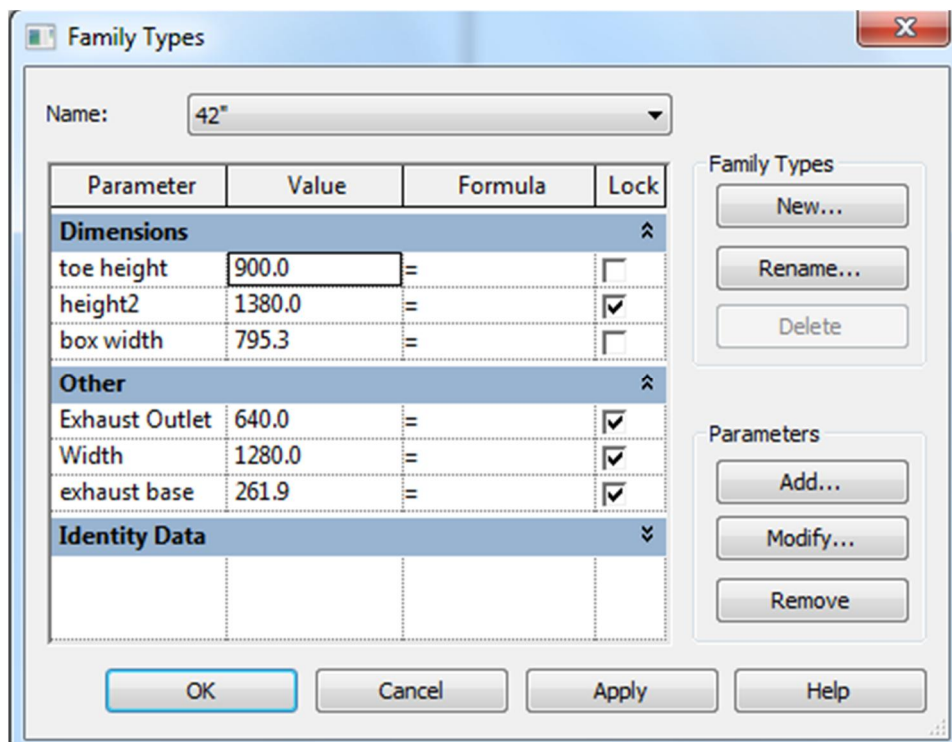
KSL-suunnittelussa laitteet täytyy mallintaa tekemällä uusia Family-objekteja. Uuden familyn tekemiseen tarvitaan myös oma template-malli, joka Revitissä esiintyy tiedostopääätteellä '.rfa'.



Kuva 25. Valmiiksi mallinnettu Family-objekti.

Template-tiedostoksi on hyvä valita Revit kirjastoissa olevia valmiita mallipohjia. Näissä perusasetukset mallintamiseen on asetettu valmiiksi, kunhan muistaa valita oikean kategorian. Esimerkiksi kuvan 25 suojakaapille valitaan Specialty Equipment -kategoria. Oikean kategorian valitseminen helpottaa myös isojen projektien laitteiden hallitsemista ja muokkaamista. Jos eri kategoriaan kuuluvat kalusteet laitetaan samaan kategoriaan, parametrien, näkyvyyksien ja värien muuttaminen toisessa vaikuttaa suoraan molempiin.

Laitteiden mallinnus vaatii paljon enemmän kokemusta Revitin käytöstä kuin muut KSL-tilamallintamisen vaiheet. Laitteita mallinnetaan kuvan 25 yläreunassa olevilla työkaluilla.



Kuva 26. Family-objektien parametrit.

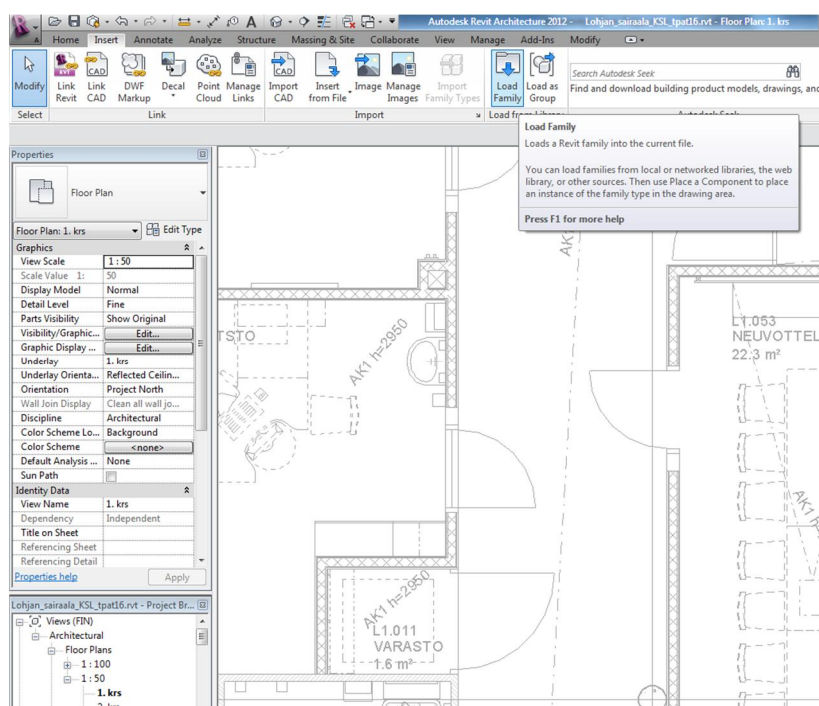
Laitteiden mitoille voi asettaa parametrejä 'Home'-välilehdeltä 'Family Types'-toiminnolla (kuva 26). Näiden avulla voidaan laitteen 'Edit Type'-toiminnosta muuttaa esimerkiksi korkeuden ja leveyden parametrejä, jolloin saadaan vaivatta erikokoisia laitteita malliin.

Laitteille voidaan myös asettaa eri materiaaleja, jotka näkyvät realistisissa 3D-näkymissä. Esimerkiksi kuvassa 25 on käytetty lasia, joka näkyy tällöin läpinäkyvänä ja sinertävänä.

Tällä hetkellä suunnittelija joutuu vielä mallintamaan suurimman osan KSL-laitteista itse. Jotkin valmistajat ovat tehneet omista laitteistaan 3D-malleja, mutta vain malleja, jotka on tehty CAD-pohjaisilla ohjelmilla on mahdollista ottaa Revittiin Family-objekteiksi. Tulevaisuudessa laitevalmistajilta voi jo tulla Revitillä mallinnettuja laitteita, jos 3D-suunnittelu Revitillä yleistyy.

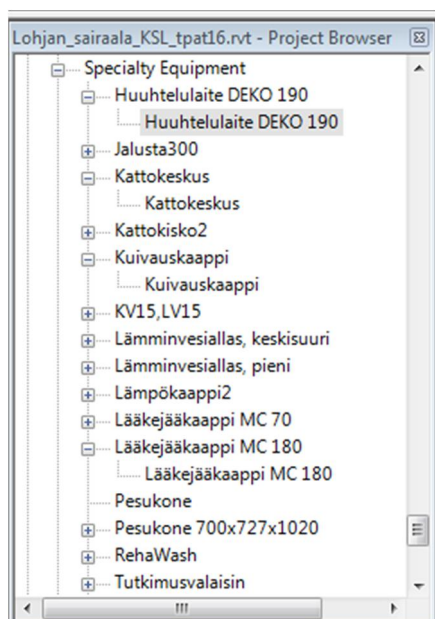
6.3 Laitteiden sijoittaminen suunnittelumalliin

Kun kaikki projektissa käytettävät laitteet ja kalusteet on valmiiksi mallinnettu Family-objekteiksi, ladataan ensiksi ne suunnittelumalliin 'Insert'-välilehdeltä 'Load Family'-toiminnolla (kuva 27).

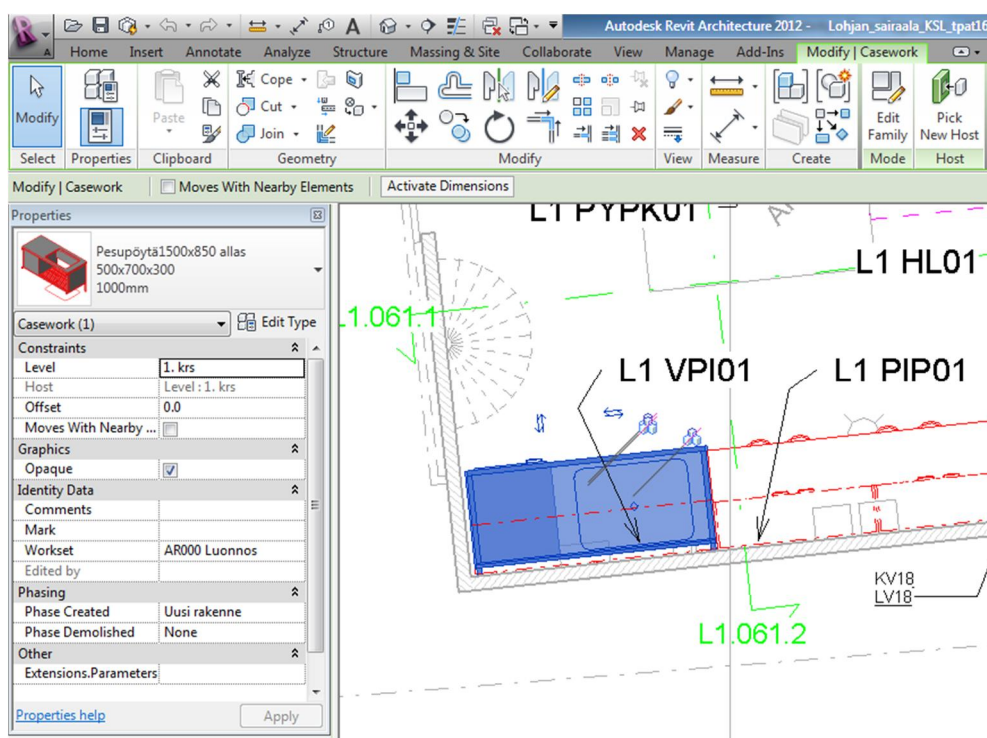


Kuva 27. Family-objektin lataaminen projektiin.

Laitteet sijoitellaan suunnittelumalliin yksitellen kuvassa 28 näkyvästä 'Project Browser'-valikosta, 'Families'-valikon alta. Tässä vaiheessa myös laitteen oikean koon voi valita, mikäli laitteelle asetettiin parametrit luontivaiheessa.



Kuva 28. Family-objektit 'Project Browser' -valikossa.



Kuva 29. Family-objektin sijoittelu ja muokkaaminen.

Kuvassa 29 on esitetty laitteiden sijoitteluun tarvittavat työkalut. 'Modify'-välilehdeeltä löytyy työkalut laitteiden liikuttamiseen, kopioimiseen, pyörittelyyn, ym. Laitteisiin on voinut myös asettaa peilaustoiminnot valmiiksi jo niiden luontivaiheessa, jolloin peilaaminen tapahtuu helposti yhdellä napin painalluksella. Laitteiden korkeusasemaa voi

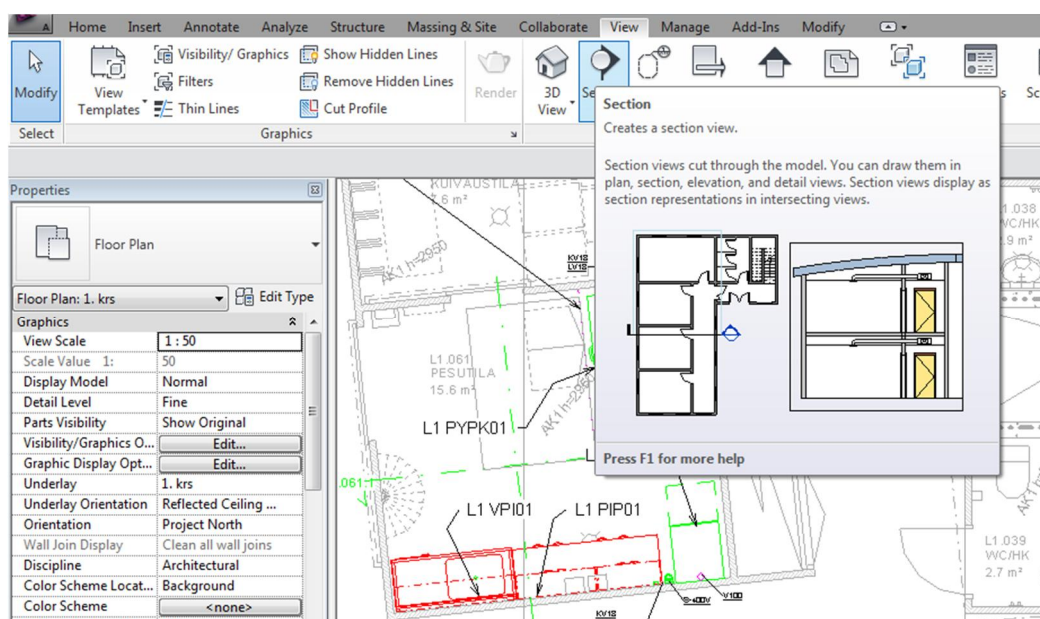
säätää 'Properties'-valikon 'Offset'-sarakkeesta. Laitteita on helppo sijoitella Revitissä, koska objekteilla voi tarttua kaikkiin mallissa oleviin rakenteisiin ja muihin laitteisiin riippumatta siitä, ovatko ne 2D- vai 3D-muodossa.

Liitteessä 1 on esitetty yhden kerroksen KSL-suunnitelma. Siinä näkyvät punaiset objektit ovat rst-kalusteita kuten työpöytiä ja allaspöytiä. Vihreät objektit ovat muita laitteita kuten pesukoneita, suojakaappeja jne. Suunnitelmissa laitteille esitetään liitostiedot viemäreille, sähkölle, ilmanvaihdolle, vedelle ja paineilmalle.

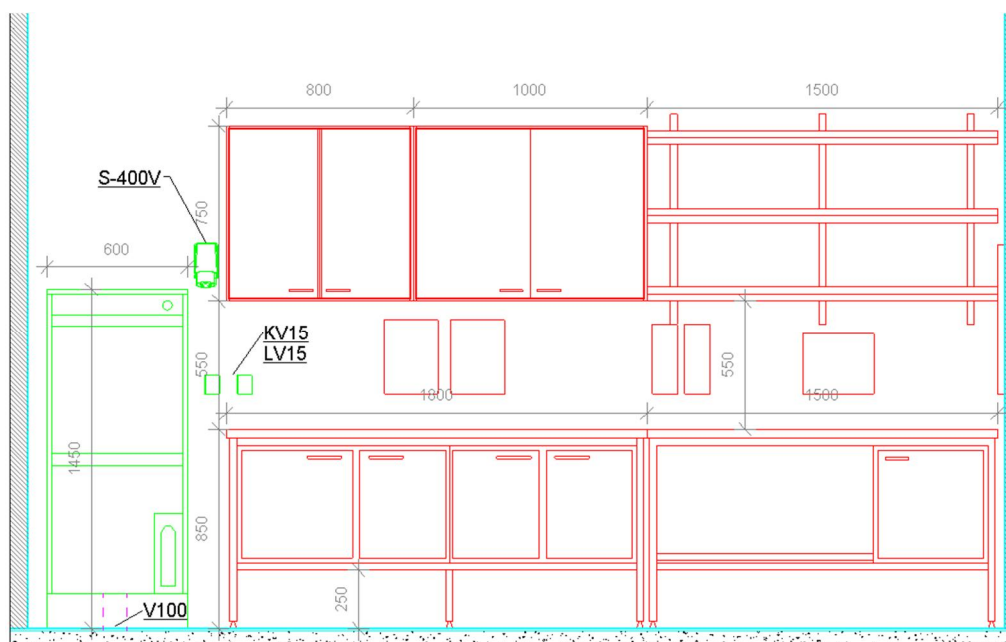
Suunnittelun alkuvaiheessa suunnittelija tekee eri versioita laitteiden mahdollisista sijoituspaikoista, jotka lähetetään eteenpäin käyttäjille. Näistä käyttäjä valitsee omaa tarkoitusta vastaavan, jota käydään vielä suunnittelijan kanssa yhdessä läpi mahdollisten muutosten tekemiseksi. Osalta myös arkkitehdin täytyy ottaa huomioon laitteiden tilavaatimukset omia suunnitelmia tehtäessä. Jos laitteet eivät mahdu tilaan, voidaan siirtää seiniä tietyissä rajoissa tai miettiä uusia ratkaisuja käyttäjän kanssa.

6.4 Seinäprojektiot

3D-mallintamisessa seinäprojektioiden tekeminen on vaivatonta. 'View'-välilehdeltä 'Section'-toiminnolla voidaan tehdä leikkausnäkyvä haluttuun kohtaan (kuva 30).



Kuva 30. Seinäprojektion tekeminen leikkausnäkyvän avulla.

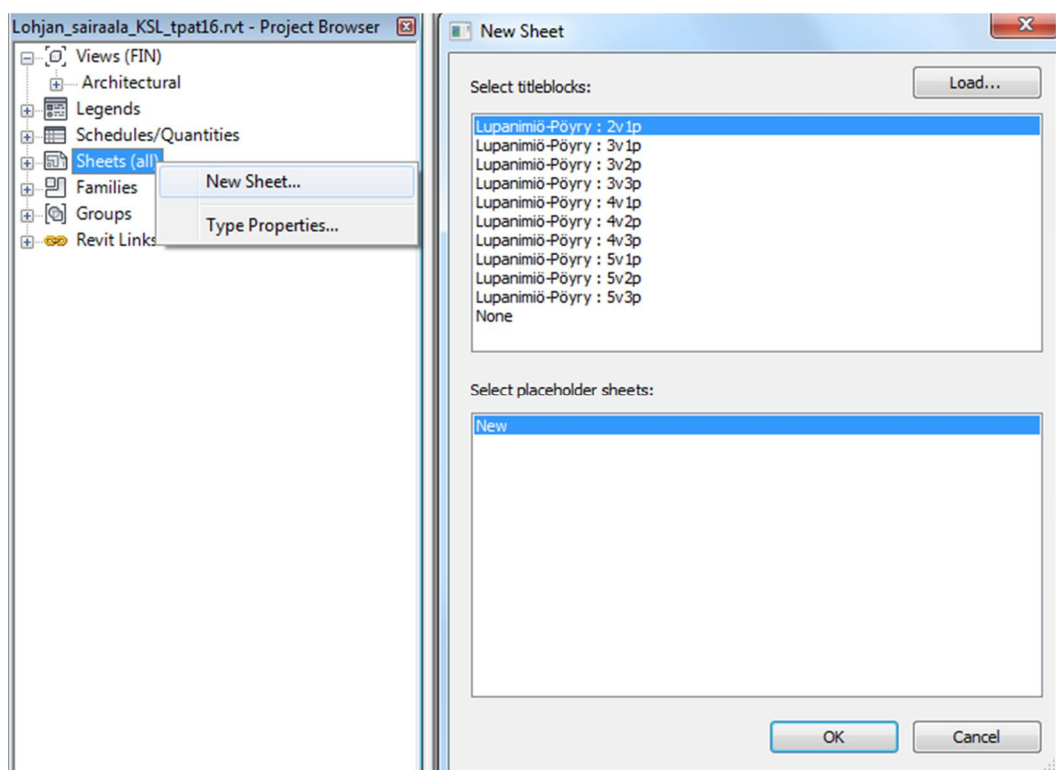


Kuva 31. Tasokuvasta otettu leikkausnäköelmä eli seinäprojektiio.

Seinäprojektiot esitetään aina luonnollisessa mittakaavassa (1:20). Jokaisesta huoneesta, joissa on KSL-asennuksia, tehdään seinäprojektiot tarvittavilta seiniltä. Projektoiden tarkoitus on esittää sairaalalaitteiden sijoitus suhteessa liittyviin rakenteisiin, kalusteisiin ja varusteisiin (kuva 31). Seinäprojektioiden esitetään myös laitteiden teknisten järjestelmien liitännät. Pistorasioille, pesukoneiden venttiileille ja allaspöytien hanoille esitetään usein liitoskorot lattiasta. Jokaiselle laitteelle ja kalusteelle ilmoitetaan mitoitus tiedot laiteluettelossa, mutta aina myös seinäprojektioiden. Pöytien ja yläkaappien välinen etäisyys ja pöytien alla oleva vapaa tila myös esitetään seinäprojektioiden. Mitat täytyy piirtää erikseen projektioiden ja pohjakuviin.

6.5 Layoutit

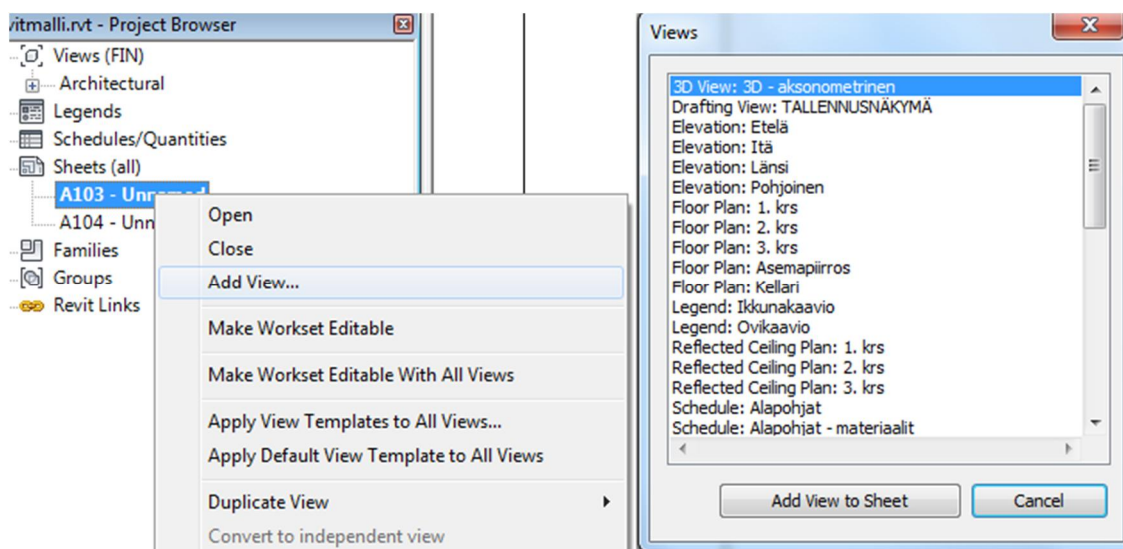
Jokaisesta mahdollisesta kerroksesta ja seinäprojektiosta tehdään asiakkaalle toimitettavat omat tulostusnäkömät eli tulostuslayoutit. Revitissä tulostuslayoutit ovat nimellä 'Sheets'.



Kuva 32. Uuden sheetin tekeminen.

Uusi layout tehdään 'Project Browser' -valikon alta 'Sheets' < 'New Sheet' (kuva 32). Valmiiksi haetussa templatessa on usein valmiina erikokoisia layouteja, joissa on mukana myös otsikkotaulu (liite 1 ja 2).

Näkymän voi valita layouttiin 'Add View' -toiminnolla tietyn layoutin alta, jonka jälkeen valitaan 'Views'-valikosta haluttu näkymä ja hyväksytään 'Add View to Sheet' -toiminnolla (kuva 33). Halutun näkymän voi myös raahata suoraan 'Project Browser' -valikosta, jolloin siitä tulee automaattisesti näkymä layoutiin.



Kuva 33. Näkymän valitseminen layoutiin.

Projektin perustamisessa asetetut tiedot päivittyvät automaattisesti otsikkotauluun. Kerros- ja huonekohtaiset tiedot täytyy päivittää layoutteihin yksitellen.

Kerroskohtaisissa layouteissa esitetään vain sen kerroksen pohjapiirustus, josta on kyse, mutta seinäprojektiolayouteissa esitetään sivuprojektiodien lisäksi huonekohtaiset pohjapiirustukset mittakaavassa 1:50, joilla on sama koordinaatisto kuin varsinaiset rakennuksen pohjapiirustuksella. Havainnollistamiseksi projektiokuvissa voidaan myös esittää 3D-näkymä huoneesta (liite 3).

7 KSL-suunnittelun integrointi muihin suunnittelualoihin

KSL-suunnittelija tekee yhteistyötä muiden suunnittelijoiden kanssa. KSL-suunnitelmat toimivat lähtötietoina muille talotekniikkasuunnittelijoille, joten KSL-suunnitelmien tulisi valmistua rinnan arkkitehtisuunnitelmien kanssa.

7.1 KSL- ja arkkitehtisuunnittelu

KSL-suunnittelijan ja arkkitehdin yhteistyö keskittyy huoneiden tilaratkaisuihin. Arkkitehdin kalusteiden asettelussa joudutaan ottamaan huomioon KSL-laitteiden tilavaatimukset. Jos käyttäjän ja KSL-suunnittelijan sopimat laiteratkaisut eivät sovi tiettyyn tilaan, arkkitehti usein joutuu tekemään niille tilaa siirtämällä kalusteitaan tai seiniä.

Tällaisia tiloja ovat esim. huolto- ja siivoushuoneet. Jos kyseessä on tila, jossa KSL-laitteiden sijoitus ei ole ensisijalla, arkkitehdilla on enemmän valtaa vaikuttaa laitteiden sijoituksiin.

KSL-suunnittelun aloittaminen vaatii arkkitehdin tekemät arkkipohjat. Kun KSL-tilamallin suunnittelu tehdään Revitillä, paras mahdollinen vaihtoehto on saada suunnitelmat Revit-mallina. Tällöin pohjan lisääminen viitekuvaksi on kaikista helpointa. Seinäprojektioiden tekeminen on myös helpompaa, koska 3D-muodossa olevassa arkkipohjan leikkauskuvissa näkyy automaattisesti huoneiden seinien rajat, alakatot, lattiat ja muut varusteet.

7.2 KSL- ja talotekniikkasuunnittelu

KSL-laitteet vaativat erilaisia taloteknisiä liitäntöjä, minkä vuoksi KSL- ja talotekniikan suunnittelijat joutuvat tekemään tiivistä yhteistyötä. KSL-suunnittelu täytyy aina tehdä ennen LVIS-suunnittelua, koska laitteet vaativat taloteknisiä liitoksia kuten vesi- ja viemäriliitoksia, ilmanvaihtoa ja sähköä. LVIS-suunnittelijat tarvitsevat laitteiden vaatimat ilmavirrat, vesivirrat ja sähkötiedot. KSL-suunnittelija myös ilmoittaa omissa kuvissa liitosten vaatimat koot. Esimerkiksi pistorasioiden ja vesipisteiden paikoista voidaan keskustella LVIS-suunnittelijoiden kanssa, että ratkaisut olisivat mahdollisimman toimivia käyttäjän kannalta.

Tällä hetkellä KSL-laitteiden talotekniset liitokset joutuu vielä piirtämään erikseen laitteista, koska niihin ei vielä saa sellaisia liitostietoja kuten esim. ilmanvaihdon päätelaitteissa on. Tulevaisuudessa liitostiedot voidaan kuitenkin jo saada suoraan sisäänrakennettuina parametreina KSL-laitteisiin.

LVIS-suunnittelijat ottavat KSL-suunnitelman omien pohjien alle viitekuvaksi. Revitillä tehty KSL-tilamallista täytyy kuitenkin tehdä LVIS-suunnittelijoille kerroskohtaiset 2D-pohjat, koska suurin osa heistä käyttää vielä MagiCAD for AutoCAD -ohjelmaa suunnitelmien tekemiseen. Tällöin suunnittelukohde joudutaan jakamaan kerroskohtaisiin tiedostoihin ja Revit-mallia ei sellaisenaan voida liittää viitepohjaksi. Markkinoille on tullut MagiCAD for Revit -ohjelma, jossa talotekniikka luodaan yhteen tiedostoon tarvitsematta sitä jakaa eri tiedostoihin. LVIS-suunnittelutoimistot eivät ole vielä siirtyneet tämän ohjelman käyttöön, koska se on vielä niin uusi ja sen käyttöönotto vaatii lisä-

resursseja. Tulevaisuudessa kuitenkin MagiCAD for Revit voi syrjäyttää tavallisen AutoCAD-pohjaisen MagiCADin, kun 3D-mallinnetut kohteet alkavat lisääntyä. Jos kaikki suunnittelualat toimisivat samoilla suunnitteluohjelmilla, suunnittelijoiden välinen työskentely helpottuisi huomattavasti.

7.3 Tilamallien tarkastelu ja yhteensovittaminen

Koska eri suunnittelualat eivät aina käytä samoja ohjelmistoja, mallien tarkasteluun täytyy olla käytössä kaikille yhteinen tiedostomuoto. Tätä varten on sovittu yleisesti, että käytetään suunnitteluohjelmistoja, jotka ovat IFC-sertifioituja. Kuten arkkitehti- ja LVIS-suunnitelmista myös KSL-suunnitelmista tehdään mallien tarkastelua varten IFC-malli.

Arkkitehti kokoaa kaikkien suunnittelualojen IFC-mallit ja tekee niistä yhdistelmämallin. Jotta kaikki mallit olisivat samassa kohdassa yhdistelmämallissa, voidaan käyttää kohdistuskuutiota niiden yhdistämiseen. Arkkitehti ilmoittaa kohdistuskuution paikan muille suunnittelijoille, joka voi olla vaikka rakennuksen kulma. Arkkitehti tutkii yhdistelmämallista eri järjestelmien kaikki mahdolliset leikkaukset ja tekee tietomallien yhteensovittamisesta raportin, jonka sitten lähettää eteenpäin muille suunnittelijoille, jos jotain korjattavaa ilmaantuu (liite 4). Kaikki korjaukset tehdään aina alkuperäismalleihin, eikä IFC-malliin.

Liitteessä 5 on esitetty näkymä yhdistelmämallista Solibri Model Checkerin työpöydällä, johon on liitetty arkkitehdin malli, LVI-malli, KSL-malli, sähkömalli, rakennemalli. Näkyvässä seinät ovat piilotettuna, koska on haluttu tarkastella vain järjestelmien mahdollisia keskinäisiä törmäyksiä.

8 3D-suunnittelu perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna

3D-suunnittelu on tietyltä osin vaativampaa kuin 2D-suunnittelu. 3D-mallintamisen hallitseminen vaatii monipuolisempaa ohjelmien sujuvaa käyttöä, jonka opettelemiseen voi mennä kauemmin kuin 2D-suunnitteluun tarkoitettujen ohjelmien. Koska mallintamisessa kiinnitetään huomiota tarkkoihin yksityiskohtiin, suunnitelmat ovat laadultaan

parempia kuin 2D-suunnitelmat. Suunnitteluvirheet 3D-suunnittelussa on helpompi tunnistaa kuin 2D-suunnittelussa.

3D-suunnittelu on syrjäyttämässä 2D-suunnittelun, koska asiakkaiden vaatimukset suunnitelmien laadusta ovat kasvaneet. Tekninen havainnollistaminen on yksi tärkeimmistä syistä 3D-suunnittelun kasvuun. Tilamalli auttaa urakoitsijoita organisoimaan rakentamisvaihetta tavalla, joka palvelee heitä parhaiten (12, s. 10). Urakoitsijoiden on helpompaa perehtyä kohteeseen ja suunnitella työjärjestyksiä sekä sovittaa yhteen töitä. Kuitenkin pitää ottaa huomioon, että kaikilla urakoitsijoilla ei ole vielä kokemusta mallien käsittelystä. Siksi työmailla käytetään yleisesti vielä tavallisia 2D-piirustuksia.

3D-suunnitteluprojektissa käytetään yhtä tiedostoa koko rakennuskohteesta. 2D-suunnittelussa jokaiselle kerrokselle tehdään omat pohja- ja projektiopiirustukset. Suunnitteluprojektin perustamisessa ja tiedostojen hallitsemisessa säästetään aikaa, kun suunnittelu tehdään 3D-muodossa. Revitillä tehdyt suunnitelmat sisältävät pohjapiirustukset, projektiot, 3D-näkymät, luettelot ja layoutit samassa tiedostossa.

Revit-projektissa suunnittelumallin pohjakuvaksi voi linkittää joko 2D-tasokuvia tai 3D-mallin. Käytettäessä 3D-mallia arkkitehtipohjana, säästetään huomattavasti aikaa ja saadaan aikaan laadukkaampia piirustuksia. Mallintamisessa paras vaihtoehto on aina pyrkiä käyttämään samoja tiedostomuotoja tukevia ohjelmia eri suunnittelualojen välillä, mikä helpottaa ja nopeuttaa suunnittelun kulkua.

9 Yhteenveto

Tässä työssä selvitettiin kiinteiden sairaalalaitteiden tilamallin suunnitteluprosessin kulkua projektin eri vaiheissa. Tärkeimmäksi osaksi otettiin 3D-tilamallin tekeminen toteutussuunnitteluvaiheessa Autodesk Revitillä. Pöryllä suunniteltua todellista KSL-suunnitelmaa käytettiin hyväksi tilamallin suunnitteluohjeen aikaansaamiseksi. Työssä haluttiin tuoda esille myös KSL-suunnittelun integroituminen muiden suunnittelualojen kanssa ja 3D-suunnittelun etuja 2D-suunnitteluun verrattuna.

Työn haastavin vaihe oli Revitin KSL-suunnitteluohjeen esittäminen niin selkeästi, että kokemattomampikin suunnittelija pystyisi tämän ohjeen avulla saamaan aikaiseksi KSL-tilamallin ilman suurempia ongelmia. Revit on myös 3D-mallintamisohjelmana

melko uusi Pöyryllä, mikä toi tietyn vaikeusasteen työn aikaansaamiseksi. Jouduttiin panostamaan uuden ohjelman käytön opettelemiseen, minkä seurauksena kehitettiin uusi toimintatapa KSL-suunnitelmien tekemiseksi Revitillä.

Työstä päädyttiin siihen tulokseen, että tarkoilla 3D-tilamalleilla on varmasti oma paikkansa tulevaisuudessa. Asiakkaiden kiinnostus tarkempiin suunnitelmiin on nostamassa 3D-suunnittelun osuutta kaikessa suunnittelussa. Työstä selviää, että 3D-suunnittelulla voidaan saavuttaa selkeästi laadukkaampia suunnitelmia, koska tarkkoihin yksityiskohtiin otetaan paljon enemmän huomiota kuin 2D-suunnittelussa. Suunnittelun kulkua on helpompi organisoida, kun projektin työpiirustuksia käsitellään yhdessä tiedostossa. Suunnitteluvirheet voitiin selvittää nopeasti eri suunnittelualojen yhdistelmämallin avulla.

Työn tuloksena voidaan myös sanoa, että eri suunnittelualojen välinen yhteistyö mallinnusprojekteissa toimii paremmin kuin perinteisissä 2D-projekteissa. Suunnitelmista kootulla yhdistelmämallilla saatiin selvitettyä kaikille järjestelmille ja laitteille omat tarkat paikkansa rakennuksessa.

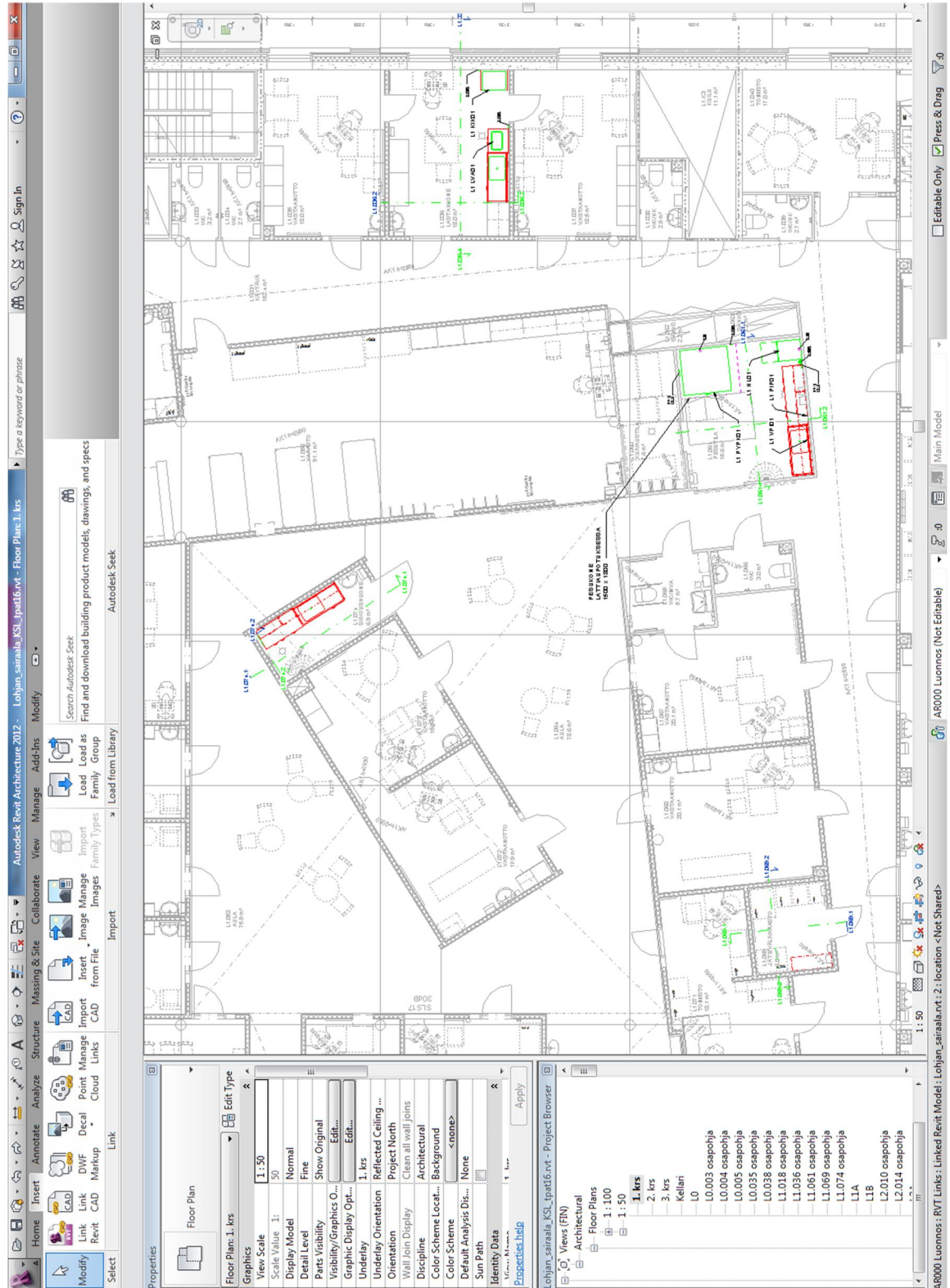
Mallintaminen kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelussa on sen verran uutta, että sen tuomat höydyt eivät vielä ole tiedossa kaikille. Tämä osoittaa sen, että suunnitteluyritysten tulisi kehittää ja laajentaa mallintamista sille tasolle, jossa suunnitelmien tehokkuus ylittäisi mallintamattomien kohteiden tason.

Lähteet

- 1 Kavika Oy, ammattikeittiö- ja sairaalakalusteet. Verkkodokumentti. <<http://www.kavika.fi/index.php?mid=1&pid=46>>. Luettu 22.3.2013.
- 2 Franke Oy, sairaalatuotteet. Verkkodokumentti. <<http://medical-washroomsystems-fi.franke.com/?path=sairaalatuotteet>>. Luettu 22.3.2013.
- 3 TruPort -kattokeskus, esite. 2013. Verkkodokumentti. Mediq Suomi Oy. <http://www.mediq.fi/public/dokumenter/MediqSuomi/Leikkaussalilaitteet/TruPort_kattokeskus%20esite.pdf>. Luettu 22.3.2013.
- 4 Vivimedi Oy, leikkausvalaisimet ja monitorivarret. Verkkodokumentti. <<http://www.vivimedi.fi/m5led.php>>. Luettu 22.3.2013.
- 5 Lääkejääkaapit, esite. 2013. Verkkodokumentti. Laboline Oy. <<http://www.laboline.fi/files/Huurre%20Medilab.pdf>>. Luettu 22.3.2013.
- 6 Lämpökaapit. Verkkodokumentti. Memmert GmbH & Co. <<http://www.memmert.com/products/steriliser/sterilisers-overview/>>. Luettu 22.3.2013.
- 7 Autoklaavit. Verkkodokumentti. Kavakka Oy. <http://www.kavakka.com/pesukoneet_autoklaavit_ultraaanipesurit/>. Luettu 22.3.2013.
- 8 Laminaarivirtauskaapit. Verkkodokumentti. Laboline Oy. <<http://www.laboline.fi/tuotteet/suojaus-ja-olosuhteiden-hallinta/laminaarivirtauskaapit/luokan-ii-suojakaappi>>. Luettu 22.3.2013.
- 9 CAD-toimintatavat 2002, KSL & KKL. 2013. Verkkodokumentti. HUS-kiinteistöt Oy. <<http://www.khus.fi/henkilokunta/ohjeet/03.%20CADtoimintatavat/05.%20Cad-toimintatavat.%20KSL%20&%20KKL,%20versio%201.pdf>>. Luettu 28.3.2013.
- 10 Henttinen, Timo. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1 'Yleinen osuus'. Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki.
- 11 Karjula, Jaakko ja Mäkelä, Elina. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 11 'Tietomallipohjaisen projektin johtaminen'. Rakennussäätiö RTS, Helsinki.
- 12 Karppinen, Annikki. Törrönen, Ari. Lennox, Maria. Peltomäki, Marjo. Lehto, Mikko. Maalahti, Jyrki. Sillfors-Utriainen, Suvi. Kiviniemi, Markku. Sulankivi, Kristiina. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 13 'Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa'. Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki.

- 13 Tietomallinnusohjeet, yleinen osa. 2009. Verkkodokumentti. HUS-kiinteistöt Oy. <<http://www.khus.fi/henkilokunta/ohjeet/03.%20CAD-toimintatavat/07.%20Cad-toimintatavat.%20Tietomalliohjeet,%20versio%201.1.pdf>>. Luettu 28.3.2013.
- 14 Karhumäki, Tuula. Roininen, Maarit. Venäläinen, Seija. Päckilä, Sirkka. 2005. Suositukset laitos- ja välinehuollon tarpeiden huomioonottamiseksi peruskorjaus- ja uudisrakennushankkeissa. Intranet. HUS-kiinteistöt Oy.
- 15 Kulusjärvi, Heikki. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 6 'Laadunvarmistus'. Rakennustietosäätiö RTS.
- 16 RevitCity. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.revitcity.com/downloads.php>>. Luettu 27.3.2013.

Ote Revitillä tehdystä KSL-suunnitelman yhden kerroksen Floor Plan viestistä

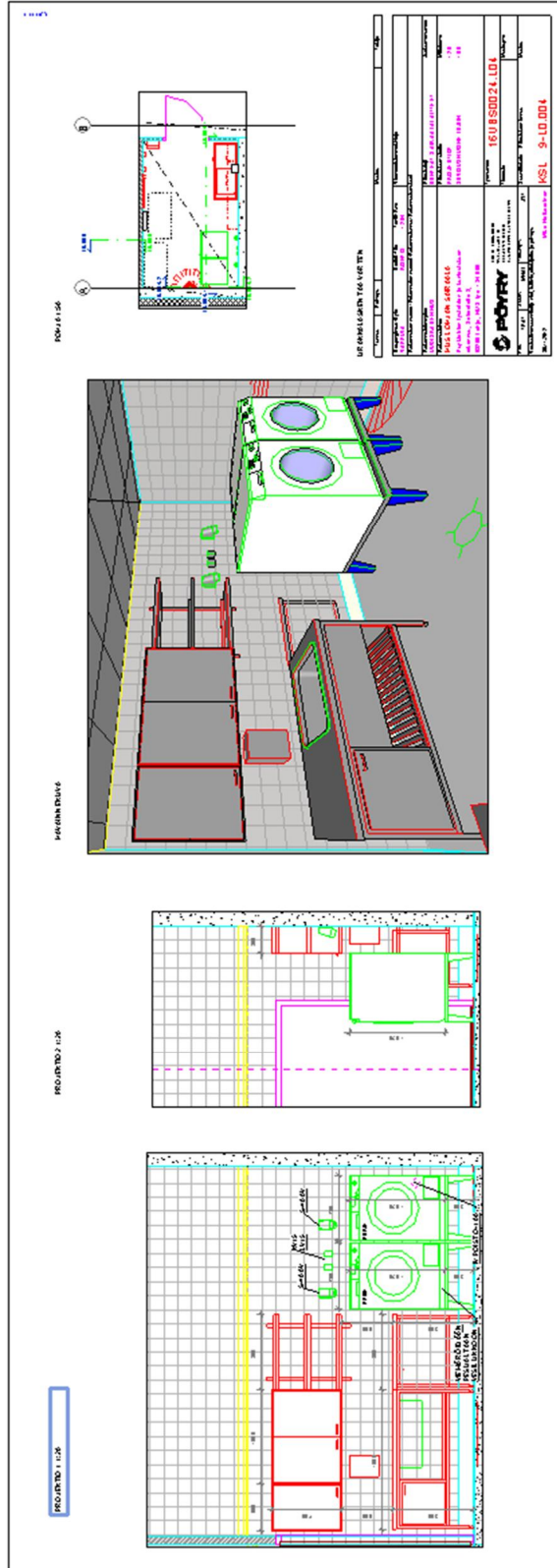


Architectural floor plan of a building, likely a school or institutional structure, featuring a grid system (1-10 horizontally, A-J vertically). The plan includes various rooms, corridors, and structural elements. A specific area is highlighted with a red rectangle and labeled "1000-00000". A detailed inset of this area is shown at the bottom right. The plan includes a title block in the top right corner with project information.

Project Information:

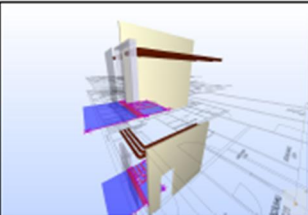
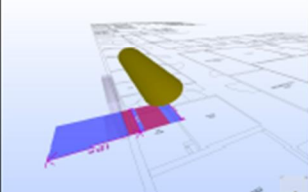
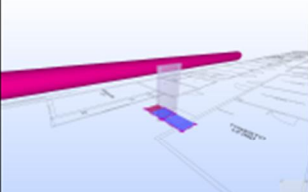
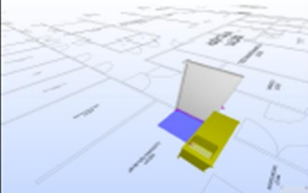
- Project Name: [Illegible]
- Client: [Illegible]
- Architect: [Illegible]
- Scale: [Illegible]
- Date: [Illegible]
- Sheet: [Illegible]

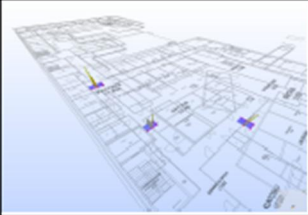
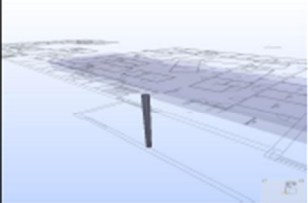
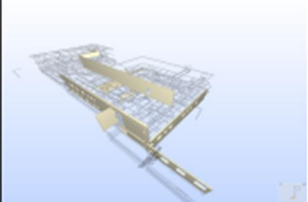
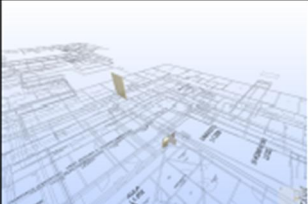
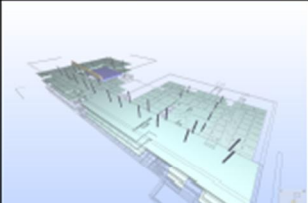
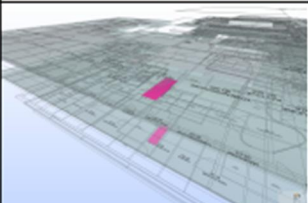
Ote Revitillä tehdystä KSL-suunnitelman yhden huoneen seinäprojektiolayoutista

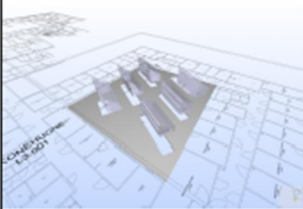
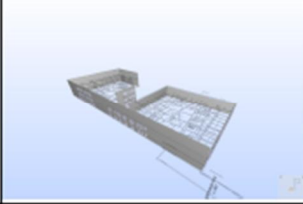
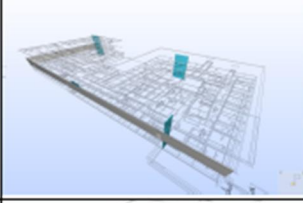

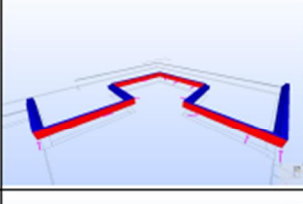
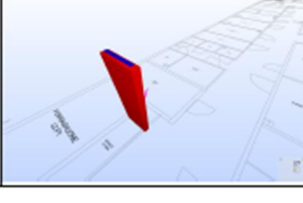


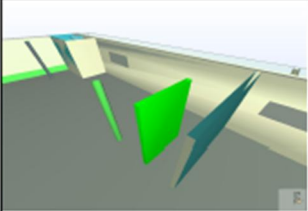
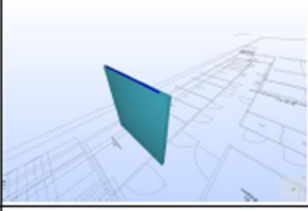
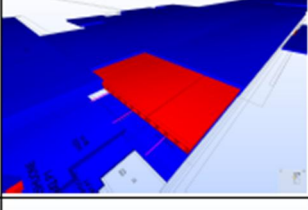
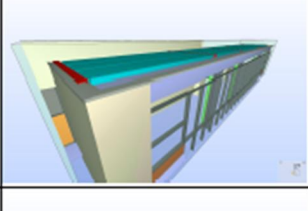
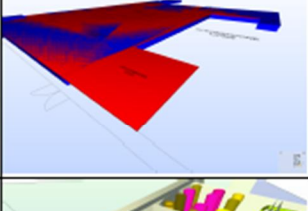
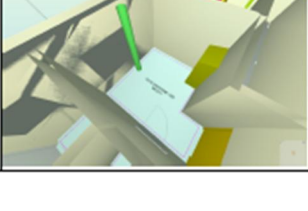
Arkkitehdin tekemä yhdistelmämallin tarkastusraportti

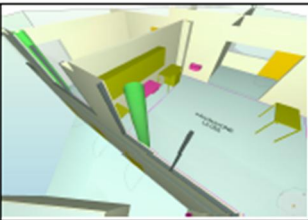
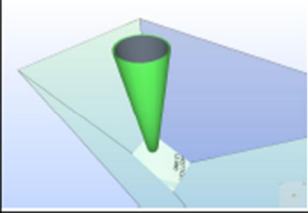

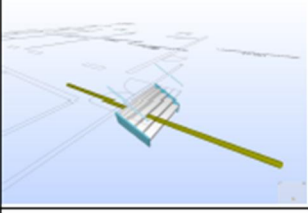
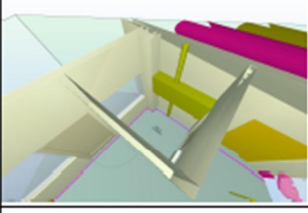
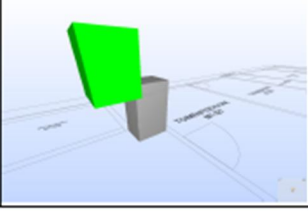
Tietomallin nimi	Pvm	Sovellus	Tiedostomuoto
Lohjan_sairaala	2012-08-27 14:14:46	Autodesk Revit Architecture 2012	IFC: IFC2X3
RAK_Lohjan_sairaala	2011-07-12 17:19:12	Tekla Structures	IFC: IFC2X3
LVI_Lohjan_sairaala	2012-08-27 08:16:20	MagiCAD HPV 2011.11	IFC: IFC2X3
Lohjan_sairaala_KSL	2012-06-29 09:32:18	Autodesk Revit Architecture 2012	IFC: IFC2X3

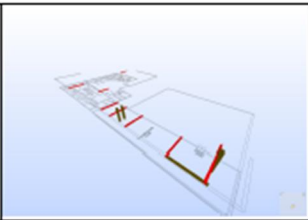
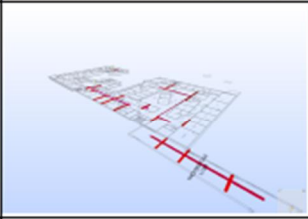
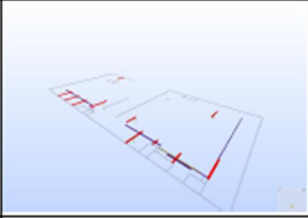
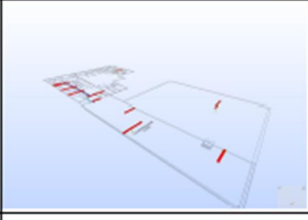

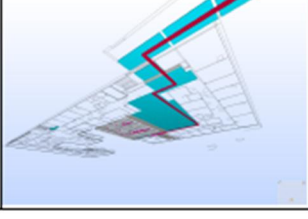
Lohjan alustava yhdistelmämalli, tarkastus 20120828						
Nro/ Tunnus	Sijainti / Pvm	Kuva	Kommentti	Vastuut	Vastaus	Tilanne
1 1	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (ARK) 2. krs, (LVI) 2. kerros IV-KONEHUONE[L3.001] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: - (LVI) Kanava.3.149 leikkaa vaadittua tyhjää aluetta. - (LVI) Kanava.3.154 leikkaa vaadittua tyhjää aluetta.			Avoim
2 2	(ARK) 2. krs 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Kanava liian lähellä ikkunaa			Avoim
3 3	(ARK) 2. krs, (LVI) 2. kerros KÄYTÄVÄ[L2.001] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Sisäikkuna liian korkea			Avoim
4 4	(KSL) Kellari, (ARK) Kellari JÄTE/VÄLIVARASTO[L0 .003] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: KSL-kaluste liian lähellä ovea.			Avoim

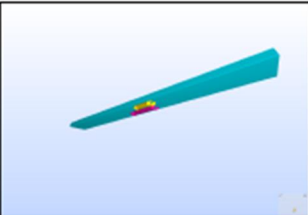
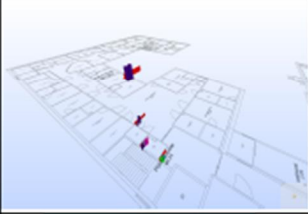
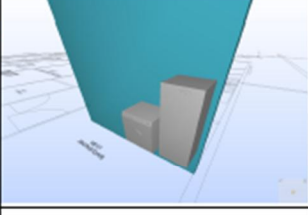
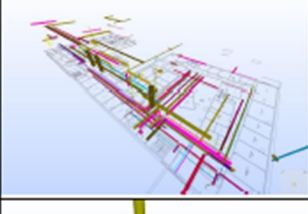
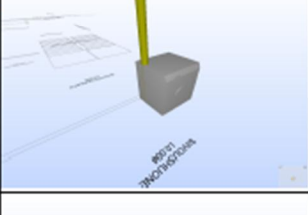
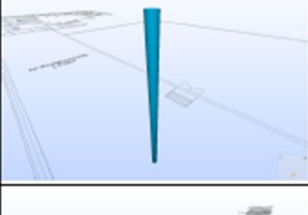
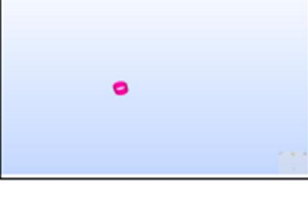
5	(ARK) Kellari, (LVI) Kellari AULA[L1.064]		28.8.2012: Viemäriputkia ovien edessä			Avoim
5	28.8.2012 12:52					
6	YHDYSKÄYTÄVÄ[L0.00 1]		28.8.2012: ARK-mallin pilari ei ylety yläpohjaan asti.			Avoim
8	28.8.2012 12:52					
7	(ARK) 2. krs, (ARK) Kellar		28.8.2012: ARK-mallin komponentteja toistensa sisällä.			Avoim
9	28.8.2012 12:52					
8	(ARK) 2. krs, (ARK) Kellari		28.8.2012: Seinät leikkaavat ovia. Revit bugi?			Avoim
10	28.8.2012 12:52					
9	(ARK) 3. krs PÄIVÄHUONE/RUOK.[M 3.057]		28.8.2012: ARK-mallin pilarit leikkaavat välipohjia ja seinää. -> Revitissä liitettävä rakenteet, jotta pilari leikkaa aukon.			Avoim
11	28.8.2012 12:52					
10	(ARK) 2. krs, (ARK) Kellari, (ARK) 3. krs, (ARK) 1. krs		28.8.2012: Allastasoja välipohjan sisässä.			Avoim
12	28.8.2012 12:52					

11	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (ARK) 2. krs IV-KONEHUONE[L3.001]		28.8.2012: Arkkitehtimallin kattoikkunat eri kohdissa kuin rakennemallissa.			Avoim
13	28.8.2012 12:52					
12	(ARK) 2. krs, (ARK) 3. krs, (ARK) 1. krs		28.8.2012: Rakennemallissa ei aukotusta. -> OK - malli alustava.			Avoim
14	28.8.2012 12:52					
13	(ARK) 2. krs, (ARK) 3. krs, (ARK) 1. krs		28.8.2012: Rakennemallissa ei oviaukkoja ulko- ja väliseinissä.			Avoim
15	28.8.2012 12:52		-> OK, malli alustava.			
14	(ARK) 2. krs VASTAANOTTO/TSTO[L 2.060]		28.8.2012: Hormi törmää palkkiin.			Avoim
16	28.8.2012 12:52		(RAK) Palkki.0.89, (ARK) Aukko.4.169			
15	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala POTILASHUONE 2SS[M1.060]		28.8.2012: Potilaslohkun perustuksen ulkokuori menee eri linjassa.			Avoim
17	28.8.2012 12:52		Korjataan ARK-malliin tarkemmat rakenteet?			
16	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala IV-KONEHUONE[L3.001]		28.8.2012: Arkkitehtimallissa kantavan väliseinän paikalla kevyt väliseinä.			Avoim
18	28.8.2012 12:52		-ARK korjaa.			

17	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala IV-KONEHUONE[L0.022]		28.8.2012: Arkkitehtimallissa ei kantavaa väliseinää.			Avoim
19	28.8.2012 12:52					
18	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala SIIVOUHUONE[L0.004]		28.8.2012: Arkkitehtimallissa kantava väliseinä on kevyt väliseinä.			Avoim
20	28.8.2012 12:52					
19	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala IV-KONEHUONE[L3.001]		28.8.2012: 3. krs:n iv- konehuoneen toiselle tekniikkakuilulle ei aukkoa rakennemallissa.			Avoim
21	28.8.2012 12:52					
20	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala		28.8.2012: Yhdyskäytävä eroaa RAK- ja ARK- mallissa. Mm. Yläpohjaonteloiden korkeus muuttunut.			Avoim
22	28.8.2012 12:52					
21	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala		28.8.2012: Varavoimakonehuoneen lattiakorko?			Avoim
23	28.8.2012 12:52		ARK-mallissa sama kuin IV-konehuoneessa. Asennuslattia vai täyttö+pintalaatta?			
22	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala POTILASHUONE 1SS[M3.011]		28.8.2012: ARK-mallissa ei pilaria.			Avoim
24	28.8.2012 12:52					

23	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala PÄIVÄHUONE[L2.055]		28.8.2012: ARK-mallissa ei pilaria.			Avoim
25	28.8.2012 12:52					
24	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala VASTAANOTTO/TSTO[L2.060]		28.8.2012: Pilareissa eri säde.			Avoim
26	28.8.2012 12:52					
25	(RAK) 2. krs KÄYTÄVÄ[M2.001]		28.8.2012: RAK-tuplakomponentti.			Avoim
27	28.8.2012 12:52					
26	(ARK) Kellari IV-KONEHUONE[L0.022]		28.8.2012: Viemäri leikkaa porrasta.			Avoim
28	28.8.2012 12:52					
27	(ARK) 1. krs TOIMISTO[L1.024]		28.8.2012: Putki hormin ulkopuolella			Avoim
29	28.8.2012 12:52					
28	(ARK) 1. krs LÄÄKEHUONE[M1.026]		28.8.2012: ARK-kaluste leikkaa KSL-kaappia.			Avoim
30	28.8.2012 12:52					

29 31	(ARK) 3. krs POTILASHUONE 2SS[M3.034] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Useita leikkauksia LVI-malliin ja RAK-malliin palkkien kanssa. 3. kerroksen katto.			Avoim
30 32	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (LVI) Kellari KÄYTÄVÄ[L1.003] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Useita leikkauksia LVI-malliin ja RAK-malliin palkkien kanssa. Kellarikerroksen katto.			Avoim
31 33	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (LVI) 1. kerros KÄYTÄVÄ[L1.003] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Useita leikkauksia LVI-malliin ja RAK-malliin palkkien kanssa. 1. kerroksen katto.			Avoim
32 34	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (LVI) 2. kerros KUILU[M3.K2] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Useita leikkauksia LVI-malliin ja RAK-malliin palkkien kanssa. 2. kerroksen katto.			Avoim
33 35	(ARK) Kellari KÄYTÄVÄ[L0.002] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Kanavat ja putket leikkaavat pilareita useassa kohdassa.			Avoim
34 36	Kellarin katto 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Putket / kanavat leikkaavat kellarin katon välipohjalaattoja.			Avoim

35 37	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala (LVI) 3. kerros KÄYTÄVÄ[M3.022] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Kanavat leikkaavat 3. kerroksen katon ontelolaattaa.			Avoim
36 38	(RAK) RAK_Lohjan_sairaala VARASTO[M0.001] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Putket leikkaavat levykomponentteja.			Avoim
37 39	(ARK) Kellari SIIVOUHUONE[L0.004] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: KSL-laitteet leikkaavat kantavaa seinää.			Avoim
38 40	(ARK) 3. krs KÄYTÄVÄ[M3.001] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Putket leikkaavat kanavia useassa kohdassa.			Avoim
39 41	(ARK) Kellari SIIVOUHUONE[L0.004] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: Putki leikkaa KSL-laitetta. (LVI) Putki.1.52, (KSL) Objekti.1.2			Avoim
40 42	3. krs IV-KONEHUONE[L3.001] 28.8.2012 12:52		28.8.2012: LVI- tuplakomponentti.			Avoim
41 43	LVI - Kaukana rakennuksesta 28.8.2012 12:52		28.8.2012: LVI- tuplakomponentti + kaukana rakennuksesta			Avoim

